REVUE GENERALE DES SCIENCES
PURES ET APPLIQUEES
ET BULLETIN DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES
TOME LXIV Juillet-Août N°s 7-8

Chronique & Correspondance

PERSPECTIVES HISTORICO-SCIENTIFIQUES

De remarquables publications faites ces derniers temps m'ont paru opportunes à grouper en une brève esquisse, d'où ressortira d'emblée une opposition entre deux études contemporaines spécialisées et une autre, fort englobante, voire universelle. Nous allons les suivre pour y trouver une base de comparaison. Et nous terminerons en soulignant d'autres aspects que peut revêtir l'effort historique.

*
**

Albert Einstein. Lettres à Maurice Solovine, reproduites en fac-similé et traduites en français avec une introduction et trois photos. Un grand in-4° 21 × 27 de 140 p., Gauthier-Villars, Paris, 1956. Prix : 1.800 francs.

Maurice Solovine, bien connu, en France et en maint pays, des amis de l'histoire des sciences, a publié et commenté des textes célèbres de toutes les époques. On lui doit aussi d'avoir traduit les plus grands mémoires d'Einstein. Pour préparer à la partie épistolaire du recueil, il a fait revivre ici, dans une introduction, les souvenirs de ses relations zürichoises ou bernoises avec Einstein (1902-1905) ils scellèrent une amitié qui ne s'éteignit qu'à la mort de ce dernier, et que Solovine dépeint avec émotion : « Je l'aimais et l'admirais profondément pour sa bonté foncière, pour son esprit original et son courage moral indomptable... Il vivra dans la mémoire des générations futures, non seulement comme un génie scientifique d'une grandeur exceptionnelle, mais encore comme un homme qui a incarné l'élévation morale au plus haut degré... »

La suite des lettres fait beaucoup réfléchir, tant à des aspects peu connus d'une période tourmentée qu'aux préoccupations même d'Einstein dans l'ordre

scientifique. Les pages 17 à 23 donnent l'exposé le plus clair et le plus simple, capable d'initier aux principes de la relativité généralisée.

Le document ainsi produit a, pour tous les penseurs à quelque degré, une valeur inestimable.

In memoria di Guiseppe Peano (Etudes de B. Lévi, G. Ascoli, B. Segre, F. Barone, L. Geymonat, T. Boggio, U. Cassina, E. Carruccio, rassemblées par A. Terracini). Un fasc. 16 × 25 de 155 p., avec la reproduction photographique d'un buste de G. Peano. Cuneo - Presso il Liceo scientifico, 1955.

Entre de nombreuses monographies consacrées par l'école mathématique italienne à l'œuvre d'un savant, la présente est particulièrement insigne. Elle a été écrite à la suite de la célébration faite en 1953 à Cuneo, quand le Lycée de cette vile, où était né G. Peano en 1858, reçût le nom du savant géomètre. C'est le professeur A. Terracini de Torino qui a pris l'initiative de cette synthèse en s'assurant les concours ci-dessus rappelés, grâce auxquels sont évoqués et analysés les aspects riches et variés de la pensée de G. Peano. Il s'agit vraiment et c'est là l'essentiel d'un mathématicien qui a *repensé sa science* à partir de ses bases et l'a transformée dans le fond, comme dans ses aspects extérieurs en imposant un tour opératoire à la rédaction même de ses chapitres les plus classiques. Ainsi ont été réalisés les cinq volumes du célèbre « *Formulario matematico* », dont la première édition, produite de 1895 à 1908, a ouvert la voie où allaient ensuite s'inscrire les *Principia matematica* de Russel et Whitehead. Mais si les préoccupations orientées vers la logique pure et atteignant en première ligne l'arithmétique, sont des plus manifestes, si même cet attachement au côté formel se renouvelle avec force quand Peano reprend, à son point de vue propre, la géométrie extensive de Grassmann, il n'en reste pas moins, de la part de ce pionnier une aptitude sans précédent à éclairer l'analyse mathématique, au moyen d'une confrontation vraiment nouvelle entre ses zônes régulières dont il simplifie l'aménagement et les lisières, parfois redoutables, où des pièges attendent qui oserait admettre tout ce que peut livrer en ces parages une intuition trop spontanée. Sa grande exubérance en matière d'exemples typiques en fait un novateur sous le rapport de la *critique mathématique*, si remarquablement alliée dans son œuvre à l'édification de théories limpides. Il est de ceux qu'il faut citer quand il est question de la simplicité, répondant à l'appel de la généralité. En évinçant des hypothèses qui donnaient, à un stade d'une recherche, souvent concrète à son départ, l'illusion de la commidité, on aboutit en effet, non seulement à des résultats atteignant une classe d'être plus étendue, mais aussi, pour justification, à une trame déductive épurée. A ce titre, l'influence de Peano s'est faite considérable, et il serait aisé de la retrouver chez Baire, Lebesgue et plusieurs de leurs contemporains. On peut même dire, avec B. Segre, qu'elle s'est transmise à l'Ecole bourbakiste (1). La tournure très réaliste que ce dernier donne à son exposé se retrouve dans tous les autres, partagés entre les thèmes qui viennent d'être énumérés, et dont chacun ne manquera pas d'intéresser à la ois les mathématiciens et les philosophes.

⁂

Voici maintenant, au point de vue culturel, un ouvrage sans précédent. C'est le premier tome d'une *histoire générale des sciences* paru sous le titre *La Science antique et médiévale*. Un

(1) On peut s'attendre, dans un proche avenir, à voir des historiens de la mathématique, porter un intérêt substantiel à la préhistoire de cette Ecole.

in-4° couronne de VIII-628 p., avec 48 pl. h.-t. en héliog. et 43 fig., relié pleine toile. Presses univ., Paris, 1957. Prix : 3.000 francs.

En quatre pages magistrales, René Taton, qui a su transmettre ses propres conceptions d'une telle œuvre à vingt collaborateurs (professant soit au Collège de France, soit à la Sorbonne, soit encore en plusieurs Universités, Ecoles ou Institutions françaises, voire même étrangères de l'Art) expose les principes d'un programme puissant, qui séduit par l'harmonie de ses lignes (2). Dans ce volume et dans les deux qui vont lui faire suite, il s'agit en effet d'accuser le rythme sans cesse accéléré du progrès scientifique et de marquer l'interdépendance étroite entre les progrès de toutes disciplines scientifiques ou techniques et les autres aspects de l'histoire des civilisations. On s'oriente ainsi dans la voie que plusieurs pays ont suivie, au point d'avoir associé l'histoire des sciences à l'enseignement supérieur, même scientifique, et à celui de second degré. Or jusqu'à présent, de ce point de vue, aucune œuvre globale n'avait encore traduit nos connaissances actuelles. Et il fallait bâtir de toutes pièces.

Le premier tome s'attache à la période qui va des temps préhistoriques au début du XV^e^ siècle, époque où le renouveau de l'Occident décidera de l'évolution ultérieure de la Science. De cette longue suite d'efforts, il se dégage qu'après une ère de prospérité scientifique dans les divers foyers de civilisation orientale, de l'Egypte à la Chine, le départ soudain de la science hellène grâce à une vue profonde, plus abstraite aussi, du rôle et de la structure des acquisitions cognitives, vient jeter une lumière très vive. Elle se répand très largement dans tout l'empire d'Alexandre, mais pour s'atténuer et s'éteindre, en Occident du moins, après les invasions du V^e^ siècle. Déclin que le Moyen Age s'efforcera de compenser, en assimilant l'héritage de l'Antiquité et du monde arabe et en préparant ainsi la Renaissance.

Dans un tel cadre, les développements des différentes branches se font très à l'aise, avec une alternance favorisant au besoin la lecture continue. Mais d'autre part, tout a été fait pour aider la recherche rapide de tel ou tel point, en offrant à la fois un index des noms (p. 583-604), un index des notions (p. 605-611), dont la table des matières, nette et détaillée (p 619-627), est séparée par la mention des figures, tableaux et illustrations. Chacun des chapitres traite d'un pays, soit dans l'antiquité, soit à l'ère médiévale, et y passe en revue les diverses sciences, mathématiques, astronomiques ou géographiques, physiques ou biologiques, en se terminant par la médecine. Et le beau résultat est d'avoir laissé à ces diverses branches leur autonomie en contribuant, pendant trois ou quatre millénaires, à réunir des éléments comme pour préparer une étude de la pensée scientifique, dans son ensemble !

Le tome II poursuivra cette œuvre jusqu'à la fin du XVIII^e^ siècle, et le tome III étalera les extraordinaires conquêtes des chercheurs depuis le début du XIX^e^.

A la lumière de ce dernier ouvrage, on peut mesurer les exigences de l'histoire des Sciences. La base même qu'elle nécessite exige la collaboration d'équipes nombreuses. Mais cette base doit sans cesse être élargie, ramifiée et chaque spécialiste reprend alors son indépendance, ou mieux, rétablit ses connexions avec les savants les plus qualifiés en la discipline dont il étudie l'évolution ; à savoir ceux qui sont les plus aptes à transmettre des vues globales, et à préciser les directions de progrès. Nous tou-

(2) Ces auteurs sont respectivement MM. R. Arnaldez, J. Beaujeu, G. Beaujouan, R. Bloch, L. Bourgey, A. Dupont-Sommer, J. Filliozat, R. Furon, A. Haudricourt, J. Itard, R. Labat, G. Lefebvre, L. Massignon, P. H. Michel, J. Needham, J. Simon, G. Stresser-Péan, J. Théodoridès, J. Vercoutter, Ch. Virolleaud.

chons ici à l'un des aspects les plus importants de l'histoire des Sciences, celui où, dans la recherche, elle vient permettre au chercheur une pénétration au plus profond de sa discipline. Elle remplit alors l'office d'un guide merveilleux de l'esprit, guide qui rétablissant la dimension temporelle, livre beaucoup plus largement les connexions, en vue d'une pleine intelligibilité. Le genre de maîtrise ainsi conféré au chercheur, déjà muni de quelque expérience, lui permet, à la faveur d'une pensée comparative mieux assise, de prospecter avec plus de hardiesse. Inséparable d'une solide épistémologie, l'histoire que chaque spécialiste cultive pour son compte sera étroitement liée à ses tentatives antérieures. Elle réside dans le vécu, et peut fort bien revêtir des formes assez fragmentaires qui l'empêcheront de s'extérioriser. Les formules qu'il convient de citer à ce titre sont un peu dispersées dans la littérature. On peut songer d'abord à certains exposés où les stades successifs de la conquête d'une méthode sont rappelés pour déterminer par comparaison le choix optimum. A ce titre, on peut signaler un important ouvrage posthume d'Henri Lebesgue : ses *Leçons sur les constructions géométriques* rédigées par Mlle Lucienne Félix. Plus généralement, pourra-t-on s'attacher aux textes où le souci de divers détails anecdotiques ne vient pas masquer la suite des mutations amenant le recours à tel principe méthodologique plutôt qu'à tel autre. On se trouve alors en face de l'attitude *historico-critique*, adoptée par Maximilien Winter (1871-1935) en plusieurs publications très notoires, sous forme d'articles dans la *Revue de Métaphysique et de Morale*. Je pense d'abord à celles qui ont été synthétisées dans un remarquable petit livre édité par F. Alcan en 1911, sous le titre :

La méthode dans la Philosophie des mathématiques.

Il semblerait alors que l'histoire doive se trouver un peu sacrifiée. Mais après avoir montré que ni la mathématique, ni la logistique n'apportent en ce cas d'appui valable, l'auteur retrace l'évolution des principaux chapitres de l'arithmétique depuis Gauss, évolution si décisive dans l'atteinte des propriétés des nombres. Puis il reprend, à partir des travaux de Tchirnhaus et de Lagrange, tout ce qui permet de comprendre la genèse de la théorie de la résolution des équations algébriques, en laquelle il voit avec juste raison la doctrine élémentaire dont la plupart des autres conceptions algébriques sont issues, celle des groupes occupant parmi ces dernières une place centrale.

Dans la revue citée, Maximilien Winter a publié, outre des études sur la relativité et les quanta, beaucoup d'autres, purement mathématiques. Il s'est également occupé des nombres transfinis, et en outre, de l'Analyse fonctionnelle. Le tableau qu'il trace de cette dernière (t. XXI, p. 462-510, 1913) jette une vive clarté sur *les principes du calcul fonctionnel* et la manière

dont ils sont apparus. Cela conduit à rassembler des branches, au départ indépendantes, et qui peu à peu, ont interféré jusqu'à se fondre en donnant un outil incomparable à la Physique mathématique. La clé de voûte se trouve dans une extension de la théorie des opérations, étant bien distinguées comme le faisait déjà Pincherlé, l'idée d'opération et l'idée de fonction (liée à celle de correspondance). Il y a là un champ vraiment privilégié, auquel convient la méthode historico-critique, et le lecteur non averti est mis d'emblée dans des conditions favorables pour aborder des exposés plus techniques où interviendront à propos de problèmes concrets des fonctions de variables qui sont en infinité, soit continue, soit dénombrables, où ces notions apporteront leur appui à diverses recherches (équations intégrales et intégro-différentielles ; équations aux dérivées fonctionnelles). L'importance de l'extension donnée par M. Maurice Fréchet, en sa thèse de 1906 et en divers mémoires à la théorie des ensembles, est également signalée en juste place.

C'est ce genre d'histoire très proche des disciplines elles-mêmes et très attentif à leurs principes qui peut être enseigné avec fruit, en liaison avec les cours déjà prévus dans nos Instituts de mathématiques. En le faisant intervenir à titre de soutien, on évite de surcharger, et on réalise un gain important dans le sens de l'intelligibilité générale des théories.

Ce que Maximilien Winter avait si bien réalisé pour *l'Analyse fonctionnelle*, il y aurait lieu de le faire aujourd'hui pour la *Topologie*, à partir de ses parties les plus élémentaires. C'est là un programme digne de jeunes spécialistes, soucieux de faire réfléchir, en des champs de ce genre, aux connexions les plus importantes.

G. Bouligand.

DANS L'OMBRE D'HIROSHIMA

Pendant plusieurs années, les Japonais furent seuls à considérer l'usage des bombes atomiques comme un « crime de guerre ».

Depuis, les deux « Grands » s'exercent à qui mieux mieux de bombe A en bombe H et voici maintenant la Grande-Bretagne qui veut se joindre au tournoi.

De temps à autre, il y a bien quelques protestations, mais les gouvernements locaux se chargent de les étouffer. Tout de même, la multiplication des expériences (en attendant mieux) accroît la radioactivité de l'atmosphère et nous menace dans notre existence et dans celle de nos descendants.

Les gouvernements sont tous composés d'irresponsables et d'incompétents en matière de radioactivité, ce qui ne les empê-

chent nullement de se préparer au crime de « génocide » à l'échelle de la planète. Le Gouvernement allemand de Bonn serait très content d'emprunter aux Américains quelques-uns de ces jouets dangereux et celui de l'Allemagne orientale n'est pas moins disposé à utiliser les armes soviétiques.

Les peuples du monde, conduits à l'abattoir, ne réagissent même plus, complètement annihilés par la Presse, la Radio, le Cinéma et la Télévision.

Il ne reste plus qu'une petite cohorte de spécialistes, de « savants atomistes » qui s'élèvent avec vigueur, non seulement contre l'usage des bombes, mais même contre les expériences atomiques. La *Revue Générale des Sciences* se devait de consacrer quelques pages à cette question, qui, après tout, est la seule importante en cette seconde moitié du XX^{e} siècle.

Nos ancêtres ont eu peur de l'An Mil. Devons-nous craindre la fin de l'Humanité pour l'An 2000 ? La Grande Peur étreint le Monde entier.

Nous voulons citer ici quelques témoignages.

En Grande-Bretagne, Lord Russell s'est fait le chef de file des propagandistes de l'action directe contre la bombe H. C'est à lui qu'on a dû la publication lors de la Conférence de Genève, en été 1955, du dernier message dicté par Einstein lui-même, très peu de temps avant sa mort.

On vient également de projeter à Londres le film « L'Ombre d'Hiroshima » montrant les horribles effets des radiations atomiques, en particulier celles que des pêcheurs japonais ont subies en 1955 au cours des expériences américaines dans le Pacifique.

A l'encontre de F. Foster Dulles, toujours très content des expériences atomiques, les savants américains réunis à l'Académie des Sciences de Washington, ont publié une protestation contre la continuation de ces expériences.

Les expériences se multiplient en U.R.S.S., mais le Président Boulganine lui-même, sans vouloir pourtant donner l'exemple, souhaite qu'elles aient une fin, qu'un arrangement international survienne.

Dix-huit savants d'Allemagne occidentale ont à leur tour dénoncé le danger des expériences atomiques au début d'avril 1957.

Le 23 avril 1957, le Professeur Joliot-Curie a communiqué à la presse un appel (que la Radio-diffusion française a refusé de diffuser). Que dit-il ? « Les dangers résultant de la pollution de l'atmosphère et du sol par les produits radioactifs formés lors des explosions sont aujourd'hui mieux connus. Les dosages de ces radioéléments, comme le radiostrontium 90, ont été entrepris dans de nombreux endroits du monde. Déjà, l'on a pu dresser la carte de la répartition du radiostrontium 90 sur le globe terrestre.

Le radiostrontium 90, dont la vie moyenne est d'environ trente ans et qui est produit lors des explosions de bombes A

ou H, est entraîné dans les hautes couches de l'atmosphère. Il retombe ensuite lentement et continuellement sur le sol, avec la poussière et la pluie et il se trouve fixé sur les végétaux. La retombée du radiostrontium dû aux explosions antérieures n'est pas encore achevée. Elle va se poursuivre encore plusieurs années. Les hommes et les animaux d'élevage consomment des végétaux et leur organisme absorbera ainsi le radiostrontium nocif par ses radiations. Le lait contiendra du radiostrontium.

Si l'on n'arrête pas la poursuite des expériences, la teneur en radiostrontium atteindra *certainement* chez les hommes et surtout chez les jeunes enfants en pleine croissance, des valeurs suffisantes pour provoquer de nombreux cancers des os et des leucémies. »

A la Conférence de Médecine industrielle de Saint-Louis (Missouri, U.S.A.) réunie en avril 1957, le Dr John Harleh, Chef du Service des analyses de la Commission américaine de l'Energie atomique, a déclaré que le radiostrontium contenu dans le lait et dans les os augmentait « lentement, mais régulièrement ».

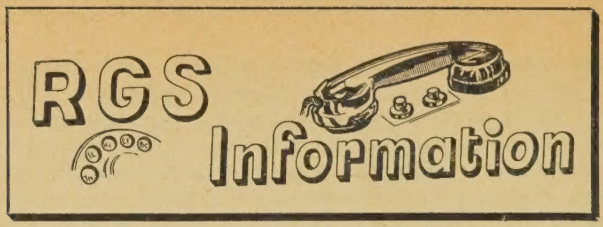
Le 23 avril 1957, le Dr Schweitzer, Prix Nobel de la Paix en 1953, a, lui aussi, lancé un cri d'alarme depuis l'hôpital de Lambaréné, en Afrique équatoriale française. Cet appel a été transmis au monde entier grâce à la Radiodiffusion norvégienne, en français, en anglais, en allemand et en russe.

Après avoir rappelé les dangers épouvantables qui guettent l'humanité du seul fait même des expériences, le Dr Schweitzer estime que l'opinion publique est encore trop inconsciente pour pouvoir *imposer* aux hommes d'Etat un accord sur le désarmement atomique. Le discours du Dr Albert Schweitzer a bouleversé tous ceux qui sont capables de réfléchir. Tout en restant très modéré dans ses termes, le Dr Schweitzer a dénoncé la conspiration des gouvernements contre les peuples.

Enfin, le 25 avril 1957, l'*Osservatore Romano* a publié le texte de la note remise par le Pape Pie XII à l'envoyé spécial de l'Empereur du Japon, évoquant « l'inutile gaspillage d'activité scientifique, de fatigue et de moyens matériels que représente la préparation de cette catastrophe, dont personne ne peut prédire avec certitude quels seraient, en plus des immenses dommages immédiats, les ultimes effets biologiques et spécialement héréditaires sur les espèces vivantes ». Le document est accompagné d'un aide-mémoire rappelant toutes les interventions que le Pape a effectuées en faveur de l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire.

Nous ne pouvons que nous associer à ce concert de protestations, en souhaitant que les nations productrices de bombes atomiques arrivent à un accord basé sur la sincérité et la confiance mutuelles, délivrant ainsi tous les peuples de la Terre de leur cauchemar.

Raymond Furon.



NOMINATIONS

PARIS. — M. BLAMONT, chargé de recherches au C. N. R. S., est nommé Maître de Conférences de Géophysique (Ionosphère).

M. ELLENBERGER, Maître de recherches au C. N. R. S., est nommé Maître de Conférences de Géologie appliquée.

M. STOLKOWSKI, Chargé de recherches au C. N. R. S., est nommé Maître de Conférences de Biologie animale S. P. C. N.

Mme SCHWARTZ, Mlle BRIGANDO, MM. PROST et SAUTERY (Robert) sont nommés Chefs de Travaux de Calcul différentiel, de Chimie générale, de Physique P. C. B. et de Chimie S. P. C. N.

PARIS (Muséum). — M. Jean GUIBE, Sous-Directeur, est nommé titulaire de la Chaire de Zoologie : Reptiles et Poissons (dernier titulaire : M. BERTIN(décédé).

PARIS (C.N.A.M.). — M. André DIDIER, Chargé de Cours, est nommé Professeur titulaire de la Chaire de Physique appliquée à la reproduction du son et des images.

M. Roger RIGAL est nommé titulaire de la Chaire de Radioélectricité générale (dernier titulaire : M. LOTH, décédé).

M. Yves ANGEL est nommé titulaire de la chaire de Transmissions radioélectriques (emploi créé).

BESANÇON. — M. Camille LAFARGUE, Maître de Conférences à l'Institut des Hautes Etudes de Tunis, est nommé Maître de Conférences à la Faculté des Sciences.

M. FRITZ (Rémy) est nommé Chef de Travaux de Physique.

BORDEAUX. — MM. VIGNEAUX et CAMBAR, Professeurs sans chaire, sont nommés titulaires des Chaires de Géologie et de Biologie animale (créations).

CAEN. — M. BACHELET, Professeur sans chaire, est nommé titulaire de la Chaire de Chimie (Ec. des Sciences de Rouen) (création).

DIJON. — M. MARIOT est nommé Chef de Travaux de Physique.

GRENOBLE. — M. BOZON est nommé Chef de Travaux de Chimie.

LYON (Pharmacie). — M. NOUVEL est nommé Chef de Travaux de Pharmacie galénique.

LYON. — M. CAPELLE, Recteur de l'Académie d'A. O. F., est nommé Directeur général de l'Institut National des Sciences appliquées.

MARSEILLE. — M. JAUSSERAN, Maître de Conférenc, est nommé titulaire de la Chaire de Physique M. P. C. (création).

M. JULG est nommé Maître de Conférences de Chimie générale (création).

(Suite p. 228.)

Sur les réactions thermonucléaires induites par la décharge dans les gaz

par Raymond MOCH

Docteur ès-Sciences Physiques *(Suite)*

d) *Echanges d'énergie à l'intérieur du plasma.*

1. — Comme nous l'avons déjà dit, les particules chargées produites au cours de la réaction de fusion ont toutes chances de céder leur énergie par chocs coulombiens aux noyaux et aux électrons du plasma. Le premier choc coulombien subi par le produit de la réaction est suivi d'une cascade d'autres chocs coulombiens dont une des ramifications est parfois interrompue par une nouvelle réaction de fusion.

L'étude de ces chocs coulombiens a été très poussée au cours de ces dernières années, et les résultats étendus par CHANDRASEKHAR au domaine des plasmas stellaires et par SPITZER à celui des plasmas complètement ionisés, pour ne citer que des publications américaines.

2. — On sait qu'on peut diviser les interactions coulombiennes en deux catégories, selon que la particule considérée interagit à courte distance avec une particule bien définie suivant le processus classique décrit par RUTHERFORD, ou qu'elle subit une succession d'interactions faibles avec les champs coulombiens de particules plus éloignées au cours desquelles la direction de son mouvement est chaque fois modifiée au hasard. On montre que, au total, les interactions à grande distance ont dix fois plus d'importance environ que les interactions directes du type RUTHERFORD.

A partir des sections efficaces pour les chocs de ces deux types, on introduit la notion d'un *temps de relaxation*, qui est le temps moyen entre deux chocs coulombiens successifs subis par la même particule ; sa connaissance permet à la fois de préciser la description des phénomènes qui suivent une réaction individuelle de fusion, et d'évaluer la vitesse à laquelle un plasma qui n'est pas en équilibre tendra vers l'équilibre. Sans vouloir entrer ni dans le détail des calculs ni dans la description complète des phénomènes possibles, nous allons donner quelques indications à ce propos.

3. — Un ion dont l'énergie est grande par rapport à l'énergie moyenne des électrons du plasma voit son énergie tendre peu à peu vers celle des électrons, même si la vitesse moyenne de ceux-ci est

initialement supérieure à sa vitesse. La variation dans le temps de l'énergie de l'ion obéit à une loi du type :

$$W = W_o \, e^{-t/\tau_e}$$

dans laquelle on pose $\tau_e = 1{,}1 . 10^{12} . \dfrac{T_e^{3/2}}{n_e}$ (T_e en keV).

Avec les valeurs considérées jusqu'ici ($T_e = 100$ keV et $n_e = 3.10^{15}$ électrons/cm^3), on trouve que cette vie moyenne τ_e est de l'ordre de 0,3 seconde.

Si l'on suppose que la particule chargée la plus énergique issue de la réaction D-D, c'est-à-dire le proton de 3 MeV, a cédé la presque totalité de son énergie à un deutéron, on voit alors que ce deutéron, même s'il subit seulement des interactions coulombiennes avec les électrons du plasma en équilibre à 100 keV, atteindra la température d'équilibre en environ 1 seconde.

4. — Considérons maintenant le cas d'un ion en équilibre avec le plasma ionique.

Le temps de relaxation défini précédemment est alors de la forme :

$$t_{ii} = 6 . 10^{10} \, \frac{W^{3/2}}{n_i} \text{ secondes (W en keV)}$$

On notera que ce temps de relaxation croît avec la température. Dans l'exemple numérique déjà considéré (température de 100 keV et densité d'ions de 3.10^{15} ions/cm^3, correspondant à une densité de puissance de 100 watts/cm^3), t_{ii} est de l'ordre de 0,02 seconde, ce qui donne un libre parcours moyen pour les chocs non réactifs entre les deutérons du plasma de l'ordre de 6.10^6 cm.

Avant de donner naissance à une réaction de fusion, un ion en équilibre subira donc en moyenne environ 500 chocs non productifs sur d'autres ions du plasma. Ce chiffre est important, mais il ne peut être considéré comme infiniment grand.

e) *Pertes d'énergie et conditions d'entretien.*

Les pertes d'énergie d'un plasma qui est le siège de réactions thermonucléaires sont de deux types différents.

1. — Les pertes par *conduction* posent avant tout le problème de l'enceinte, puisqu'il s'agit de contenir un plasma porté à une température de l'ordre du milliard de degrés sans qu'il perde exagérément de chaleur par conduction, et sans que les parois matérielles qui l'enferment soient volatilisées. La meilleure façon de relever un tel défi est sans doute d'imaginer une enceinte virtuelle, elle-même isolée thermiquement aussi bien qu'il est possible des parois matérielles. Ce problème est encore loin de relever de la seule technologie, et la recherche de sa solution demandera encore beaucoup d'imagination et sans doute des emprunts à l'astrophysique.

2. — Les pertes par *rayonnement* sont, de manière plus évidente encore, au centre du problème. Même en admettant un système parfaitement isolé, donc avec des pertes par conduction nulles, on aurait la certitude qualitative que les pertes par rayonnement suffisent à permettre ou à interdire l'entretien des réactions thermonucléaires. Mais quelque incertitude règne sur leur interprétation quantitative, à ce point qu'il y a contradiction absolue entre les conclusions exposées par Thirring dans « Nucleonics » en novembre 1955 et par Post dans « Review of modern Physics » en juillet 1956. Et ceci tient à ce qu'on peut se faire des représentations différentes des phénomènes physiques fondamentaux responsables de ces pertes.

3. — Thirring admettait, sans en discuter apparemment la validité, une loi de rayonnement du type Stefan-Boltzmann en T^4. L'ensemble du système considéré est alors en équilibre, et les échanges d'énergie entre ions et électrons d'une part, entre électrons et rayonnement électromagnétique d'autre part sont tels que les températures de ces trois composantes sont, en définitive, très voisines, et qu'on peut à bon droit définir une température pour l'ensemble du système.

La conséquence directe de cette description est que l'énergie est engendrée dans l'ensemble du volume de la réaction, mais qu'elle est dissipée seulement par la surface. L'effet global dépend donc des dimensions du système, et l'on doit s'attendre, pour une densité ionique donnée, à ce que la condition d'entretien fasse intervenir simultanément la température et les dimensions du système.

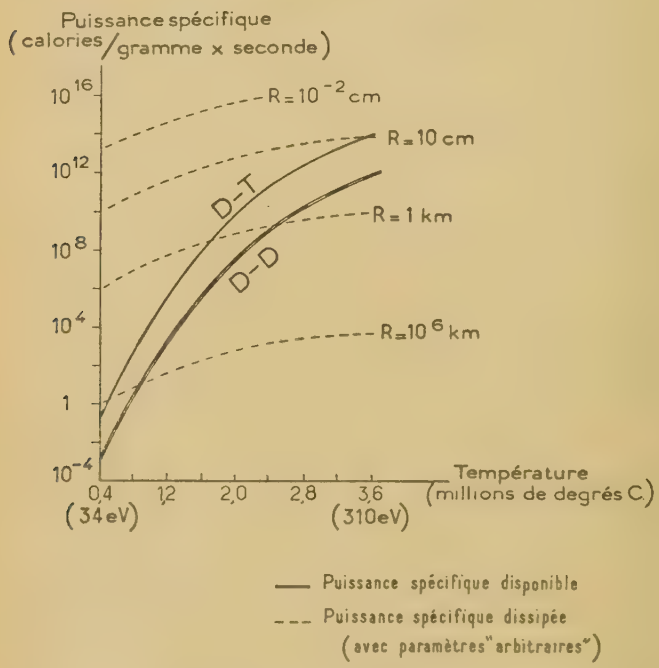
La figure 7 représente pour une densité arbitraire (1 g/cm^3 ?) la production spécifique d'énergie (en calories par gramme et par seconde) des réactions D-D et D-T et les pertes spécifiques par rayonnement pour différents rayons du système supposé sphérique, ceci pour des températures très basses de l'ordre du million de degrés. On voit clairement qu'une certaine dimension du système conduit à une température minimale pour l'entretien de la réaction. Si la température est imposée, la réaction ne peut être entretenue que dans un volume supérieur à un certain volume critique.

Mais on peut tout de suite remarquer que, pour une température de 10 keV, c'est-à-dire à peine 100 millions de degrés, la puissance rayonnée, si l'on admet la loi de Stefan-Boltzmann, correspondrait à un flux de l'ordre de 10^{21} watts/cm^2, et ceci suffit, sans autre discussion, à exclure toute possibilité de fusion contrôlée dans cette hypothèse.

4. — Mais, en réalité, il est bien évident que la loi en T^4 ne peut pas s'appliquer à un système dont les dimensions sont beaucoup plus petites que les libres parcours moyens des particules qui le composent, et l'on voit même assez mal quel sens peut garder dans cette éventualité la notion de température du système.

Or, pour nous en tenir à l'exemple précis qui a été traité, nous avons constaté qu'un deutéron du plasma dans lequel se produit la réaction D-D met au plus une seconde pour aligner son énergie sur l'énergie moyenne des composantes du plasma, et qu'il subit ensuite

environ 500 chocs coulombiens sur d'autres deutérons avant de donner lieu, au bout de 10 secondes en moyenne, à une nouvelle réaction de fusion. Si l'on songe que la vitesse d'un deutéron de 100 keV est voisine de 3.10^8 cm/sec., on trouve des libres parcours moyens d'environ 3.10^9 cm pour la fusion et de 6.10^6 cm pour la diffusion coulombienne par les autres deutérons. Le deutéron sera donc sorti du réacteur thermonucléaire bien avant d'avoir parcouru les 60 kilomètres auxquels il a droit en moyenne entre deux chocs coulombiens sauf, peut-être, si les ingénieurs d'après-demain donnent à ce réacteur l'aspect de quelque nébuleuse réduite, satellite de la terre et ancrée dans son voisinage.



Conditions d'entretien d'une réaction de fusion

(d'après THIRRING)

– Figure 7 –

Dans un système stellaire, au contraire, et même si les circonstances sont assez différentes, un tel libre parcours peut être infiniment plus petit que les dimensions du système. Ce qui signifie, en définitive, que la représentation de THIRRING peut être valable à l'échelle astro-

physique mais non à l'échelle terrestre, et que seule la partie inférieure de la figure 7 conserve un sens physique.

5. — Quand le système devient plus petit, il devient donc impossible de considérer qu'il est en équilibre et que son rayonnement est celui d'un corps noir.

A 100 millions de degrés, le libre parcours d'un photon dans un plasma comprenant 10^{15} particules/cm^3 est déjà de l'ordre de 10^{20} centimètres. D'autres photons que ceux émis par la couche superficielle s'échapperont donc du système pour participer à son rayonnement. Et la perte par rayonnement ne sera plus un effet de surface, mais bien un effet de volume.

Ceci entraîne des conséquences capitales.

Tout d'abord, l'énergie rayonnée n'obéit plus à une loi en T^4. Le processus principal de rayonnement est le classique rayonnement de freinage des électrons, c'est-à-dire que des rayons X sont émis quand les électrons rapides du plasma sont défléchis par le champ coulombien des ions. Pour un gaz complètement ionisé, la théorie de Heitler conduit à une densité de puissance rayonnée sous forme de photons X dont l'expression est :

$$P_R = 0{,}54 \cdot 10^{-30} \cdot Z^2 \cdot n_e^2 \cdot T_e^{1/2} \text{ watts/cm}^3$$

(à une importante erreur numérique près, possible dans le coefficient), dans laquelle Z est le numéro atomique des ions du plasma et T_e la température des électrons exprimée en keV.

Le terme en Z^2 indique que la présence dans le plasma d'une impureté de numéro atomique élevé pourra augmenter considérablement les pertes d'énergie. Les ingénieurs qui auront à construire des réacteurs thermonucléaires se trouveront donc devant un problème délicat de plus, celui d'utiliser un plasma extrêmement pur, et de choisir avec soin les matériaux de la paroi, dans la mesure où celle-ci risquera de se volatiliser partiellement par bombardement ou par échauffement.

Si l'on se limite au cas de la réaction D-D, la puissance rayonnée prend la forme :

$$P_{R_{DD}} = 0{,}54 \cdot 10^{-30} \cdot n_D^2 \cdot T_e^{1/2} \text{ watts/cm}^3.$$

6. — Cette expression, comme celle de la puissance disponible, dépend de n_D^2. Il apparaît donc déjà que les conditions d'entretien, dans le cas qui nous occupe, n'impliqueront aucune condition sur la densité des particules du plasma.

Et, comme l'effet de rayonnement est maintenant lié au volume réactif, et non à sa seule surface, les conditions d'entretien sont également indépendantes des dimensions du système, tout au moins dans la mesure où les pertes sont véhiculées seulement par le rayonnement électromagnétique et par les neutrons.

Si l'on admet, pour un instant, que les températures électronique

et ionique sont très voisines, on peut écrire le rapport de la puissance disponible à la puissance rayonnée sous la forme :

$$\left(\frac{P_F}{P_R}\right)_{DD} = K \,.\, T^{-7/6} .\, e^{-18.76T^{-1/3}} \quad \text{avec } K = 1{,}92.10^4$$

La condition d'entretien ne fait donc intervenir que la température. La réaction s'entretiendra d'elle-même au sein du plasma si l'on a $P_F > P_R$, ce qui est réalisé dans le cas de la réaction D-D lorsque T devient plus grand que la température critique $T_c \# 35$ keV.

On peut noter que la quantité P_F/P_R passe par un maximum au voisinage de 150 keV, et redeviendrait égale à 1 au voisinage de 1.000 keV. Au point de vue de l'utilisation, on pourrait donc penser qu'il y aurait un rendement maximal au voisinage de 150 keV, et un point de fonctionnement stable au voisinage de 1 MeV, c'est-à-dire pour une température de 10 milliards de degrés. Ceci a peut-être un intérêt qualitatif, mais il ne faut pas oublier que nous nous appuyons ici sur une expression de P_F dont nous avions initialement limité la validité à 50 keV.

Dans le cas de la réaction D-T, la température critique serait seulement de 4 keV.

7. — En première analyse donc, la description adoptée pour le rayonnement des électrons du plasma introduit maintenant, pour qu'un système thermonucléaire puisse s'entretenir de lui-même, une température minimale de fonctionnement, mais exclut toute condition de densité du plasma ou de dimensions du système. Ceci étant vrai tant qu'on est loin d'un système en équilibre avec son rayonnement, c'est-à-dire, en définitive, tant que les dimensions du système sont petites par rapport aux différents libres parcours moyens.

Il ne faut pas oublier cependant que n'importe quel système réel appellerait sûrement d'autres limitations, ne serait-ce que celle qui découlerait pour la densité du plasma d'une limitation inévitable de la densité de puissance. Mais, même si une étude plus poussée obligeait à les retoucher, les résultats précédents demeureraient fondamentaux.

8. — Tel que nous venons de le décrire, notre système thermonucléaire diffère beaucoup de celui que nous avions tout d'abord envisagé. Nous sommes notamment obligés de considérer que sa température ionique est supérieure à sa température électronique. En l'absence de sources d'énergie, c'est-à-dire notamment si les réactions de fusion jouent un rôle négligeable au sein du plasma, la différence entre les températures ionique et électronique sera approximativement donnée, dans le cas du deutérium pur, par :

$$T_i - T_e = 4{,}4.10^{-3} . T_e^2 \quad \text{(Températures en keV)},$$

ce qui donnerait $T_e = 75$ keV pour $T_i = 100$ keV.

f) *Modes possibles de fonctionnement et de contrôle d'un réacteur thermonucléaire.*

1. — Si grand que soit le libre parcours moyen relatif aux chocs coulombiens, ceux-ci, en l'absence d'une enceinte, constitueraient la seule raison pour les deutérons de demeurer dans la région réactive. Autant dire que, pour les densités considérées de l'ordre de 10^{15} deutérons/cm^3, il n'y a aucune raison pour que le combustible reste dans le réacteur, ce qui est une constatation désagréable pour l'ingénieur.

Deux directions générales s'offrent, à priori, pour s'attaquer à cette difficulté.

2. — On peut, tout d'abord, renoncer à l'idée du système thermonucléaire réagissant de façon continue, et lui préférer un régime de fonctionnement pulsé. Dès lors, on pourra tolérer des densités instantanées de puissance beaucoup plus grandes, donc des densités de plasma assez élevées pour que les effets de diffusion coulombienne retiennent le combustible dans la région réactive pendant toute la durée d'une impulsion de puissance. Poussée à la limite, cette idée conduit à la « bombe H », qu'il est difficile certes, de représenter comme un système « contrôlé », au sens strict du terme. Mais il n'est pas exclu qu'à une échelle moindre on aboutisse un jour au moteur à microexplosions thermonucléaires.

3. — La seconde idée directrice peut être d'interposer entre le plasma et les parois du réacteur un champ de forces, qui jouerait le rôle d'une paroi virtuelle ne laissant échapper ni la chaleur ni le combustible. C'est, après tout, une paroi de ce type qui retient son atmosphère autour de la terre. Mais, dans notre exemple, la pression exercée par le combustible thermonucléaire sur la paroi atteindrait 1.000 atmosphères, si bien qu'un champ de gravitation n'y saurait suffire, sauf à l'échelle stellaire. On peut envisager, par contre, de contenir le combustible à l'intérieur du réacteur en faisant agir sur le plasma totalement ionisé un champ électromagnétique. Une circonstance séduisante, à laquelle nous reviendrons, fait qu'il est peut-être possible de concevoir un système d'amorçage qui créerait par lui-même ce champ électromagnétique. Et il est même possible qu'un tel dispositif électromagnétique porte en lui-même le germe d'une méthode de récupération de l'énergie libérée, qui ne ferait appel à aucun échange thermodynamique. Il peut donc y avoir là, à très longue échéance, un sujet de réflexion passionnant et productif.

4. — Cela dit, le problème du contrôle se présentera sûrement de façon très différente dans les réacteurs à fusion et dans les réacteurs à fission.

En dehors même du fait que les forces mécaniques accompagnant l'amorçage de la réaction thermonucléaire risquent de faire disparaître en un instant les conditions d'entretien péniblement réalisées, il n'existera aucun équivalent direct des barres de réglage d'une pile atomique, puisque les produits de la réaction diffèrent ici des particules qui en sont responsables. Il n'y aura pas non plus d'analogue simple du

coefficient de température négatif qui simplifie tellement la conduite de la plupart des réacteurs nucléaires, sauf, toutefois, si l'on vient à confirmer l'existence d'une seconde température pour laquelle s'égaleraient la puissance disponible et la puissance rayonnée, et si l'on peut établir un régime stable autour d'un tel point. Enfin, il est un facteur capital dans le cas de la fission auquel on ne voit pas non plus, actuellement, d'équivalent dans le cas de la fusion : c'est l'existence des neutrons différés qui garantissent, on le sait, que l'opérateur aura le temps d'agir sur le système de réglage.

Mais il est vrai, après tout, qu'il semble de toutes manières inimaginable pour l'instant de concevoir et de contrôler un système matériel fonctionnant au voisinage du milliard de degrés...

III. — Les expériences soviétiques sur les décharges pulsées dans les gaz

a) *Isolement thermique par voie magnétique et décharges pulsées.*

1. — C'est vers 500.000 degrés qu'on devrait commencer à observer des réactions isolées de fusion au sein d'un plasma de deutérium, alors que l'entretien de la fusion ne serait obtenu qu'à 35 keV, soit à 400 millions de degrés environ. Le problème est donc de chauffer le plasma jusqu'à 500.000 degrés, et de continuer ensuite à lui fournir de l'énergie, mais de façon décroissante au fur et à mesure que, sa température augmentant, il se libère de plus en plus d'énergie en son sein.

Cette quantité d'énergie à fournir au système est d'ailleurs théoriquement faible, puisqu'il suffit de quelques kilowatt-heures pour élever de 1 million de degrés la température du gramme de deutérium qui occupe 100 mètres cubes de plasma. Comme le remarque Kourchatov, cette quantité d'énergie est sensiblement celle qui fait bouillir le samovar familial...

La difficulté de l'amorçage ne provient donc pas de l'importance de l'apport extérieur d'énergie nécessaire, mais bien plutôt de l'impossibilité d'éviter les pertes thermiques par conduction. On sait quels prodiges d'isolement il faut déjà employer pour dépasser des températures de quelques milliers de degrés ; et le fait que la conductibilité thermique du plasma varie comme $T^{5/2}$ ne simplifie certes pas le problème.

2. — Si l'on fait régner dans la région réactive du plasma un champ magnétique intense H, l'effet sera de diminuer considérablement la diffusion des noyaux dans le plan normal au champ magnétique, et par conséquent de réduire beaucoup la conductibilité thermique transverse du plasma, qui varie, en gros, comme $1/H^2$.

Or ce champ magnétique peut être créé en faisant passer un courant assez intense à travers le plasma. Son passage est alors accompagné de phénomènes connexes très favorables.

Tout d'abord, le plasma va s'échauffer. D'une part, par simple effet Joule ; d'autre part, par effet électrodynamique : se comportant comme un faisceau de conducteurs parallèles, le plasma va se contracter, et, se contractant, il va s'échauffer.

Mais la contraction va encore s'accompagner, pendant la période d'établissement du courant, d'un autre phénomène qui améliore l'isolement thermique, à savoir l'effet de « pincement » (le « pinch effect » des anglo-saxons), qui détache temporairement le plasma de la paroi.

3. — S'il y a évidemment peu d'espoir de pouvoir produire par cette méthode un nombre important de réactions de fusion pendant un temps appréciable, il semblerait en revanche qu'un échauffement périodique du plasma devrait permettre d'induire des réactions en phase avec le courant de pointe, et en nombre suffisant pendant un court instant pour qu'on puisse espérer les observer.

C'est là l'idée de départ des expériences soviétiques qui ont été rapportées par Kourchatov dans sa fameuse conférence d'Harwell, qui ouvrit, le 25 avril 1956, la course la « déclassification » thermonucléaire.

4. — Les calculs préliminaires soviétiques furent assez encourageants, en ce sens qu'ils indiquèrent que le nombre des interactions à attendre dépendait seulement du courant de pointe, mais non de la durée du cycle. Dès 300.000 ampères, on aurait dû observer des neutrons d'origine thermonucléaire et leur nombre aurait dû devenir très important pour des courants de pointe de quelques millions d'ampères. En fait, cependant, les expériences elles-mêmes bouleversèrent la conception qu'on se faisait du comportement d'un plasma au passage d'un courant intense, et, par suite, la théorie même qui les avait suggérées.

5. — Ces expériences mirent en jeu des batteries de condensateurs de plusieurs centaines de microfarads susceptibles de supporter 50.000 volts, et reliées à l'espace de décharge par des circuits dont l'inductance ne dépassait pas 2 à 3.10^{-9} henrys. Ceci permettait d'atteindre des courants de pointe compris entre 100.000 ampères et 2 millions d'ampères, avec des taux d'établissement du courant de l'ordre de 10^{10} à 10^{12} ampères par seconde, si bien que la puissance instantanée libérée dans le plasma pouvait atteindre 10 millions de kilowatts.

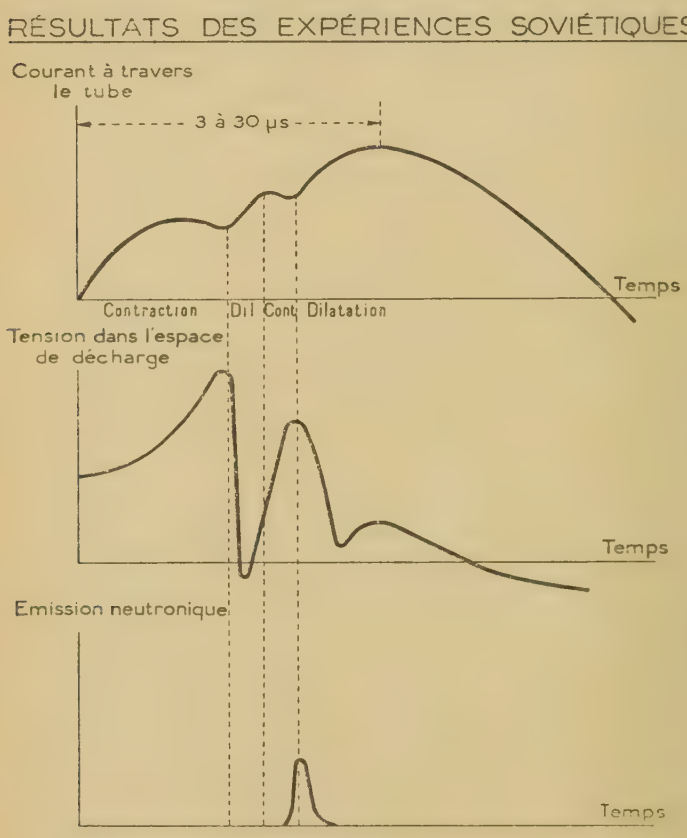
Si l'on ajoute à ces chiffres impressionnants la variété des grandeurs mesurées, la très grande ingéniosité des méthodes de mesure, la minutie avec laquelle tous les paramètres ont été explorés et la parfaite élégance des interprétations théoriques, on peut dire que les expériences rapportées par Kourchatov constituent une très brillante page d'un magnifique domaine de la physique classique encore à peine connu.

b) *Description et mécanisme des décharges pulsées.*

1. — La figure 8 reproduit des enregistrements oscillographiques des variations du courant à travers le tube, de la tension aux bornes

de l'espace de décharge, et de l'émission neutronique au cours de celle-ci. La période la plus intéressante est celle de quelques microsecondes qui s'écoule avant que le courant atteigne sa valeur maximale. Les courbes relevées semblent caractéristiques du phénomène et leurs accidents sont spécialement accentués pour les gaz légers.

Des variations de tension et de courant il est possible de remonter aux variations de la self du plasma, à laquelle se réduit pratiquement l'impédance dès que le courant s'établit. Ces variations de self, elles-



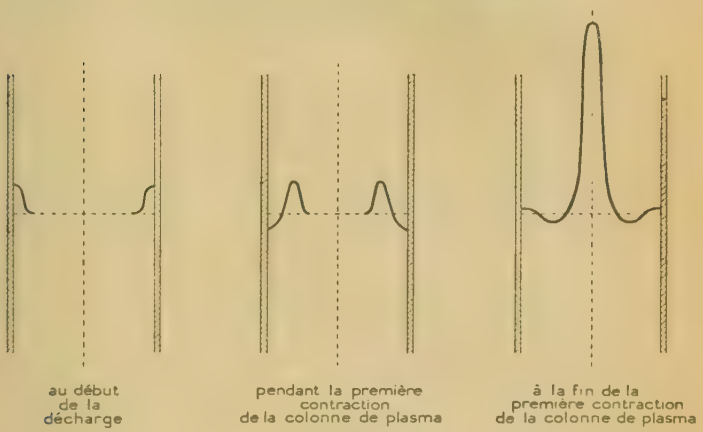
— Figure 8 —

mêmes, s'interprètent comme dues à des variations de section de la colonne de plasma, une augmentation d'inductance correspondant à une contraction autour de l'axe, et inversement.

2. — On constate alors qu'il y a toujours, au début de la décharge, une contraction du plasma, dont la vitesse augmente avec dI/dt, et diminue quand la densité du gaz croît. Au moment où la tension tombe brutalement, le plasma se réduit à un filament, puis il se dilate rapidement, et il peut y avoir plusieurs contractions et dilatations ultérieures.

La figure 9 indique comment varie la densité de courant à travers le tube au cours de la décharge. Le courant n'apparaît sur l'axe qu'à l'instant précis où la première contraction de la colonne atteint son maximum, et il est alors beaucoup plus important au voisinage de l'axe que le courant moyen, tandis qu'il s'inverse dans une autre région du tube. Lors des oscillations ultérieures, la densité de courant subit certaines fluctuations, mais elle demeure très importante dans la région centrale.

Expériences soviétiques : densité de courant à travers une section droite du tube à décharge



— Figure 9 —

Par ailleurs, la mesure du champ électrique longitudinal et du champ magnétique permet d'évaluer la vitesse radiale du plasma, qui peut atteindre plusieurs centaines de kilomètres par seconde lors des contractions et des expansions, ce qui indique que les ions acquièrent des énergies cinétiques de plusieurs centaines d'électrons-volts. Autrement dit, *les températures cinétiques atteintes étaient de l'ordre de 1 à 10 millions de degrés.*

3. — Dès le début des expériences, en 1952, on s'aperçut que, pour des courants assez intenses, la décharge à travers le deutérium était accompagnée de l'émission de neutrons, et l'on put rapidement exclure l'hypothèse que ces neutrons aient été produits par réaction

nucléaire conventionnelle des deutérons frappant du deutérium adsorbé par les électrodes.

Comme les conditions de cette émission étaient rigoureusement celles que la théorie avait prévues, il n'y avait vraiment aucune raison de douter que le phénomène observé fût exactement la réaction thermonucléaire que l'on escomptait.

Des doutes naquirent cependant très vite, car cette émission subsistait pour des valeurs du courant qui auraient dû correspondre à des sections efficaces nulles. Une étude plus poussée montra, en outre, que ces neutrons étaient toujours émis sous forme d'une impulsion très brève et au moment de la seconde contraction du plasma. Il n'y avait jamais émission lors de la première contraction qui correspond à la densité maximale de courant au voisinage de l'axe, donc à la température maximale dans cette région. Il fallut donc abandonner l'hypothèse d'une émission liée à un chauffage quasi stationnaire du plasma.

Un autre fait surprenant, et qui, lui aussi, exigeait une explication était l'émission brève, accompagnant celle des neutrons, de rayons X pénétrant de 300 à 400 keV, qui avait lieu *à des moments où la tension appliquée au tube ne dépassait pas 10 keV.*

c) *Interprétation des résultats expérimentaux.*

Bien qu'encore incomplète, une explication de ces phénomènes a pu être largement ébauchée, mais l'accent à dû être mis sur des phénomènes de compression magnétique, si bien que, en définitive, l'énergie concentrée dans le plasma apparaît comme plus d'origine cinétique que thermique.

1. — Lorsque le courant commence à passer, seule la couche externe du plasma est ionisée et conductrice.

Dans une première phase, les forces électrodynamiques produisent une accélération radiale dirigée vers l'axe, et leur travail fournit de l'énergie cinétique aux couches de plasma qui viennent converger vers l'axe. Le tube à décharge se comporte comme une sorte d'accélérateur dans lequel les particules, « accrochées » au champ magnétique, prennent toutes la même vitesse, si bien que les ions acquièrent plus d'énergie que les électrons.

La contraction se manifeste par la création d'une onde de choc qui vient converger vers l'axe, et qui sépare la région du plasma de la région du gaz non ionisé. La progression du front de l'onde provoque l'ionisation progressive des atomes du gaz situés à l'intérieur de l'onde ; il y a donc de plus en plus de matière en mouvement, et de plus en plus d'ions et d'électrons présents. Cette interprétation permet de prévoir une durée de contraction proportionnelle à $(M\ V_0^2)^{1/4}$ (M = masse du gaz par unité de longueur ; V_0 = tension initialement appliquée au tube) rigoureusement en accord avec les résultats expérimentaux.

2. — Une deuxième phase de la décharge commence quand le plasma, accéléré par le champ magnétique, atteint l'axe. A cet instant, une grande partie de l'énergie du mouvement cohérent se transforme en chaleur, si bien que pression et température augmentent brutalement. Au maximum de contraction, la température peut atteindre 1 million de degrés, et il est probable que, tout de suite après, il y a apparition d'une onde de choc divergente, qui ramène le plasma vers les parois, et à l'intérieur de laquelle la matière serait raréfiée.

3. — Dans la troisième phase, les forces électrodynamiques tendent à comprimer le milieu conducteur, donc à décélérer l'onde divergente, et à provoquer une nouvelle contraction, mais celle-ci diffère beaucoup de la première, car une faible densité règne maintenant à l'intérieur de l'onde, qui enferme d'ailleurs une matière totalement ionisée. Les conditions sont alors telles que le champ électrique longitudinal, dont l'intensité peut dépasser de loin celle qui serait due à la tension extérieure instantanée appliquée au tube, peut accélérer les ions et les électrons voisins de l'axe et qui ne sont soumis qu'à un champ magnétique faible. Ce sont ces particules accélérées qui peuvent donner naissance aux neutrons et aux rayons X durs.

Au cas où d'autres oscillations se produisent ensuite, l'accélération des particules peut se répéter. Mais on n'a jamais, en fait, observé plus de trois oscillations, et ceci provient peut-être d'un début de vaporisation de la paroi.

4. — L'explication proposée rejoint le mécanisme qui a été suggéré par Fermi pour expliquer l'origine des rayons cosmiques et dans lequel un plasma de grande conductibilité se déplace en entraînant son champ magnétique ; il se comporte comme une muraille magnétique convergeant vers l'axe et sur laquelle viennent rebondir les ions et les électrons, qui, à chaque réflexion, acquièrent un supplément d'énergie.

Il reste cependant ici divers points à préciser, qui pourraient introduire des modes supplémentaires d'accélération soit pour les ions soit pour les électrons.

5. — On voit donc finalement que cette recherche, infructueuse pour l'instant, de l'amorçage et de l'entretien d'une réaction thermonucléaire a conduit les physiciens soviétiques à décrire un nouveau principe d'accélération des particules chargées, qu'ils semblent d'ailleurs avoir déjà songé à mettre en pratique.

Mais les émissions nucléaires observées sont dues à des réactions nucléaires classiques de particules accélérées par action électromagnétique, et non pas aux mêmes réactions induites par voie thermonucléaire. Ce résultat curieux ne manque pas d'intérêt, même si le rendement de l'opération n'apparaît pas jusqu'ici comme supérieur à celui d'un accélérateur classique.

En ce qui concerne la possibilité d'aboutir à un processus thermonucléaire en multipliant les oscillations du plasma sans qu'il entre en contact avec la paroi pendant la période d'établissement du courant, Kourchatov demeure nettement pessimiste.

L'utilisation pratique, au sein d'un plasma gazeux, des réactions thermonucléaires contrôlées apparaît encore, à la fin de cette revue très générale, comme appartenant à un futur lointain.

S'il est certain que la mise à la disposition de l'humanité de cette nouvelle source d'énergie constituera, dans l'Histoire, une révolution beaucoup plus importante que l'apparition de l'énergie nucléaire conventionnelle, on ne peut s'empêcher d'éprouver une certaine surprise à l'idée que les théoriciens ont, apparemment, rendu l'entretien des réactions thermonucléaires indépendant de la géométrie et de la pesanteur.

Mais, après tout, il n'est pas impossible qu'ici encore on se heurte à quelque désaccord entre théorie et réalité .

Raymond MOCH

Exposé présenté au Séminaire de Physique Théorique de la Faculté des Sciences de Paris, sous la Présidence de Monsieur Louis DE BROGLIE, le mardi 18 décembre 1956.

Méthodes mathématiques utilisées pour résoudre numériquement les intégrales et les systèmes d'équations differentielles à l'aide des ordinateurs électroniques

par S. SABLIET

Ingénieur à l'Institut de Calcul Scientifique, Compagnie IBM France

A. — Généralités.

Lorsque l'on se trouve devant un phénomène physique complexe que l'on veut analyser et exploiter, le premier pas est évidemment d'arriver à le mettre en équation. Mais le fait d'avoir une intégrale ou une équation différentielle remarquable n'avance guère, car bien souvent elles se présentent sous une forme inintégrable directement. Force donc est de chercher une résolution numérique, généralement donnée par les méthodes d'itérations.

Dans ce domaine, les calculateurs électroniques ont apporté une aide précieuse, en particulier l'ordinateur 650 IBM. Ce dernier se prête par excellence aux calculs par itérations grâce à sa logique interne et aux logiques extérieures qu'on lui adjoint par programme, sous forme de cartes perforées.

Nous allons voir de quelle manière l'on arrive à résoudre les intégrales et équations différentielles en général, et plus particulièrement un système complexe que nous avons eu à traiter.

B. — Les diverses méthodes possibles.

1. *Méthode des accroissements finis.*

Lorsque nous avons une équation de la forme $F(x, y) = 0$ et que nous savons à l'avance que la dérivée première $F'(x, y)$ *ne présente pas de variation brusque de pente*, il est évidemment possible d'employer les deux premiers termes du développement en série de Taylor :

$$f(x)_n = f(x_{n-1}) + f'(x_{n-1})\ (x_n - x_{n-1}) \tag{1}$$

Mais cette méthode est dangereuse dans les cas où la dérivée $f'(x)$ varie brusquement, car même en prenant un pas d'itération très petit, l'on arrive vite à s'éloigner de la courbe réelle et, en plus, le rétrécissement du pas augmente d'autant la durée du calcul.

2. *Méthode des trapèzes.*

Chaque fois que les variables le permettent, on a intérêt àemployer la formule :

$$F(x_n) = F(x_{n-1}) + \left[\frac{x_n - x_{n-1}}{2}\right] F'(x_{n-1}) + F'(x_n) \qquad (2)$$

La précision donnée par cette méthode est très nettement supérieure à celle donnée par les accroissements finis, car si ces derniers donnent une erreur ψ_A, les trapèzes donnent une erreur Ψ_T telle que $\psi_T \leqslant \psi_A$ même si le pas est plus grand, et si le pas est égal, on obtient dans le cas des courbes à brusque variation de pente une erreur $\psi_T \leqslant \frac{1}{2}\psi_A$.

3. *Méthode de Simpson.*

Dans le plus grand nombre de cas, lorsque l'on peut employer la méthode des trapèzes, l'on peut avoir intérêt à employer la formule de Simpson :

$$F(x_n) = F(x_{n-1}) + \left[\frac{x_n - x_{n-1}}{6}\right]\left[F'(x_n) + 4\,F'\left(\frac{x_n + x_{n-1}}{2}\right) + F'(x_{n-1})\right] \qquad (3)$$

Cette méthode donne *en général* une précision meilleure que les trapèzes, mais pour le même pas, les calculs sont plus longs. Par ailleurs, si l'on veut doubler le pas, il faut tenir compte que l'erreur Ψ_s sera telle que $\psi_s \geqslant \psi_T$ si la courbe présente une brusque variation de pente.

En effet, considérons une fonction $y = F(x)$, admettons pour dérivée première $y' = F'(x)$.

Nous avons :

pour x_n : y_n, y'_n
pour x_{n+1} : y_{n+1}, y'_{n+1} } avec $(x_{n+1} - x_n) = (x_{n+2} - x_{n+1}) = \Delta x$
pour x_{n+2} : y_{n+2}, y'_{n+2}

si dans notre cas y' croît *très rapidement*, entre x_{n+1} et x_{n+1}, nous avons $y'_{n+2} = h(y'_{n+1}) = m(y'_n)$, h et m étant des nombres entiers tels que $h = m$ ($h \neq n$ indice).

Appliquons les deux formules :

Trapèzes : $y_{n+2} = y_n + \Delta x\,[\frac{1}{2}\,y'_n + y'_{n+1} + \frac{1}{2}\,y'_{n+2}]$

Simpson : $y_{n+2} = y_n + \dfrac{\Delta x}{3}\,[y'_n + 4\,y'_{n+1} + y'_{n+2}]$

L'erreur ψ_T sera $\Delta Y - \dfrac{\Delta x}{2}\,[y'_n + 2\,y'_{n+1} + y'_{n+1}]$

L'erreur ψ_s sera $\Delta Y - \dfrac{\Delta x}{3}\,[y'_n + 4y'_{n+1} + y'_{n+1}]$

comparons les termes :

$$\psi'_T = \tfrac{1}{2}\,[y'_n + 2\,y'_{n+1} + y'_{n+2}]$$

et $\psi'_S = 1/3\,[y'_n + 4y'_{n+1} + y'_{n+2}]$

nous obtenons, en prenant un dénominateur commun :

$[3\,y'_n + 6\,y'_{n+1} + 3\,y'_{n+2}]$ et $[2\,y'_n + 8\,y'_{n+1} + 2\,y'_{n+2}]$

en réduisant, nous avons :

$$[y'_n + y'_{n+1}] \quad \text{et} \quad [2\,y'_{n+1}]$$

Nous voyons que si $y'_{n+2} \neq y'_{n+1} \neq y'_n$, l'erreur ψ_S est telle que $\psi_S \leqslant \psi_T$ mais si comme dans notre cas $y'_n \neq y'_{n+1}$ mais nettement plus petit que y'_{n+2}, ψ_S sera $> \psi_T$ car dans Simpson, c'est le terme intermédiaire qui commande l'erreur puisqu'il est multiplié par 4.

Dans notre cas, nous obtiendrons :

$\psi_T > 0$ mais $\neq 0$

$\psi_S < 0$ mais nettement $\neq 0$

Nous pouvons donc dire que dans le cas de courbes à nette variation de pente, il y a intérêt à employer la méthode des trapèzes qui donnera une erreur moindre que celle de Simpson.

4. *Autres méthodes.*

Il est à remarquer que nous avons parlé du calcul des courbes en général, mais il est bien entendu que lorsque nous aurons à calculer une courbe présentant des points particuliers ou des points d'inflexions, nous devrons modifier notre programme pour le voisinage de ces points.

D'autre part, dans le cas des fonctions circulaires ou transcendantes, le meilleur résultat sera donné par l'emploi de développement en série de Taylor ou MacLaurin.

C. — Intérêt du changement de variable permettant de calculer $t = f(g)$ au lieu de calculer $g = f(t)$.

Comme nous venons de le voir, nous avons intérêt à employer la méthode des trapèzes ou celle de Simpson le plus souvent possible. Il arrive cependant que nous ne puissions pas le faire, lorsque nous tombons par exemple sur l'équation différentielle :

$$\frac{dg}{dt} = A_0\,[A_1 + B(1 - g)^{m/n} + C(1 - g)^{P/q}][E + D\Phi g] \quad (4)$$

où A_0, A_1, B, C, E, D et Φ sont des constantes.

Cette différentielle n'ayant pas de solution mathématique, nous sommes obligés de calculer numériquement la courbe $g = F_{(t)}$.

Il ne nous est pas possible d'employer directement la méthode des trapèzes. Par contre, changeons de variable et considérons g

comme variable réelle, nous aurons ainsi à calculer la courbe $t = f_{(g)}$ et nous pourrons mettre l'équation sous la forme :

$$\int_{t_0}^{t_1} dt = \int_{g_0}^{g_1} \frac{dg}{A_0[A_1 + B(1-g)^{m/n} + C(1-g)^{p/q}][E + D\,\Phi\, g]} \qquad (5)$$

Nous pourrons de même employer la méthode des trapèzes. Posons :

$$A_0\,[A + B(1-g)^{m/n} + C(1-g)^{p/q}]\,[E + D\,\Phi\, g] = f'(g)$$

choisissons le pas :

$$(g_n - g_{n-1}) = \Delta g$$

Nous aurons :

$$t_n = t_{n-1} + \frac{\Delta g}{2}\left[\frac{1}{f(g'_{n-1})} + \frac{1}{f'(g_n)}\right] \qquad (6)$$

Ce calcul est très facile à programmer et, en plus, cette méthode présente un autre intérêt. En effet, nous avons à calculer les points de la courbe ; or, dans notre cas, du fait que nous déterminons au départ le pas $\Delta g = (g_n - g_{n-1})$, nous n'avons qu'à le faire en tenant compte du nombre de point que nous voulons obtenir.

Nous avons ainsi le choix du nombre de points, et en plus, nous pouvons déterminer de suite le temps que prendra la machine pour intégrer dans tout le domaine.

A titre d'indication, le temps pris par le 650 IBM pour calculer un point d'une telle courbe est de l'ordre de 1 seconde avec une précision de *huit chiffres significatifs*.

D. — Résolution du système d'équations différentielles.

$$\begin{cases} (7') \quad \dfrac{dg}{dt} = A_0\,[A_1 + B(1-g)^{m/n} + C(1-g)^{p/q}][E + D\Phi g] \\ (7'') \quad \alpha\,\Phi + \beta\,\Phi \int_0^t \int_0^t \Phi g\; dt\; dt = \gamma \end{cases} \qquad (7)$$

où A_0, A_1, B, C, D, E, α, γ, β sont des constantes.

Mettons l'équation (7') sous forme d'équation différentielle, et pour ce, dérivons deux fois par rapport à t :

$$\alpha\,\Phi + \beta\,\Phi \int_0^t \int_0^t \Phi g\; dt\; dt = \gamma \rightarrow \alpha + \beta \int_0^t \int_0^t \Phi g\; dt\; dt = \frac{\gamma}{\Phi}$$

$$\frac{d}{dt} \rightarrow \beta \int_0^t \Phi g\; dt = -\frac{\gamma}{\Phi^2}\frac{d\Phi}{dt}$$

$$\frac{d^2}{dt} \rightarrow \beta\,\Phi g = 2\frac{\gamma}{\Phi^2}\left[\frac{d\Phi}{dt}\right]^2 - \frac{\gamma}{\Phi^2}\frac{d^2\Phi}{dt^2}$$

$$\frac{\beta}{\gamma}\,\Phi^4 g = 2\left[\frac{d\Phi}{dt}\right]^2 - \Phi\,\frac{d^2\Phi}{dt^2}$$

$$\Phi\,\frac{d^2\Phi}{dt^2} - 2\left[\frac{d\Phi}{dt}\right]^2 + \frac{\beta}{\gamma}\,\Phi^4 g = 0 \qquad (7''')$$

et finalement, le système s'écrit :

$$\left\{\begin{array}{ll} (8') & \left[\dfrac{dg}{dt} = A_0\,[A_1 + B(1-g)^{m/n} + C(1-g)^{p/q}]\,[E + D\Phi g]\right. \\ (8'') & \left.\Phi\,\dfrac{d^2\Phi}{dt^2} - 2\left[\dfrac{d\Phi}{dt}\right]^2 + \dfrac{\beta}{\gamma}\,\Phi^4 g = 0\right. \end{array}\right. \qquad (8)$$

Nous savons déjà résoudre l'équation (8') avec Φ = cte, g variable, de même nous savons résoudre l'équation (8'') avec g = cte, t variable.

Donc en prenant un $\Delta g = (g_n - g_{n-1})$ convenable, nous pourrons intégrer (8') ou (8'') en considérant tour à tour g et Φ comme constants à l'instant du calcul.

Ainsi : en faisant $g_n + \Delta_g$, nous avons g_{n+1}.

Partant de g_n, nous calculons t_n avec Φ_{n-1} = cte. Avec g_n, nous calculons Φ_n en fonction de t_n, g_n = cte.

$g_n + \Delta g$ donne $g_{n+1} \rightarrow t_{n+1}$ en fonction de Φ_n = cte, et ainsi de suite.

A nous de déterminer le Δg suffisamment petit pour donner la précision nécessaire et une vitesse de calcul acceptable.

Nous remarquons que dans ce calcul, l'erreur commise sur Φ_n et g_n dépend uniquement du Δg choisi.

Le 650 IBM permet de calculer un point de la courbe (8') toutes les 1.5 secondes environ.

S. SABLIET

NANCY. — M. BOLFA, Professeur sans chaire, est nommé titulaire de la Chaire de Minéralogie et Cristallographie (dernier titulaire : M. LONGCHAMBON, retraité).

M. NICLAUSSE, Maître de Conférences, est nommé titulaire de la Chaire de Chimie minérale (création).

POITIERS. — M. VAUTHIER est transféré dans la Maîtrise de Conférences de Physique mathématique.

M. CORABOEUF est nommé Maître de Conférences de Physiologie.

M. ZOUKORMANN, Maître de Conférences, est nommé titulaire de la Chaire de Physique M. P. C. (création).

M. COUVERTIER (Pierre) est nommé Chef de Travaux de Mécanique des fluides.

RENNES. — MM. MARTIN (Yves), LE MOAL et REVILLY, Professeurs sans chaire, sont nommés titulaires des Chaires de Méthodes mathématiques de la Physique et de Chimie minérale et de Mécanique (création).

M. CARRIE (Robert) est nommé Chef de Travaux de Chimie M. P. C.

STRASBOURG. — Le titre de Professeur sans chaire est conféré à M. TRIOMPHE.

M. STUTURSKY, Chef de Travaux à Paris, est nommé titulaire de la Chaire de Physiologie générale (dern. tit. M. TERROINE).

La Représentation des Etudiants

auprès des Etablissements d'Enseignement Supérieur

Le *Journal Officiel* de la République française a publié le texte d'une proposition de loi (n° 1440) de M. Deixonne et plusieurs de ses collègues, et qui a été adoptée sans débat par l'Assemblée nationale. D'après cette loi il est institué auprès des Conseils d'Université et de Faculté une représentation étudiante (5 étudiants dans chacun de ces conseils). « Dans le cas particulier de l'Université de Paris, seuls le président et quatre membres du bureau de la Fédération des étudiants de Paris sont représentatifs auprès du Conseil de l'Université » (1).

Cette proposition de loi a suscité une émotion considérable parmi les membres des Conseils d'Université et de Faculté. Elle a été heureusement rejetée par le Conseil de la République à la demande du secrétaire d'Etat aux Arts et Lettres (que n'est-il

(1) On aimerait à penser qu'il n'y a qu'une coïncidence fortuite de noms entre l'auteur du projet de loi et le vice-président universitaire de la Fédération des étudiants de Paris et que le second n'est pas le fils du premier.

(Suite p. 238.)

Armand DUFRENOY

(1792-1857)

par Jean ORCEL,

Professeur de Minéralogie au Muséum.

Parmi les savants qui ont illustré la Géologie et la Minéralogie au XIX[e] siècle, Ours-Pierre-Armand Dufrénoy occupe une place de choix, et c'est un devoir et un honneur pour moi, en ce centième anniversaire de sa mort, de rappeler ce que fut l'homme et ce que nous devons à son œuvre.

Armand Dufrénoy naquit à Sévran (Seine-et-Oise), le 5 septembre 1792, dans une propréité familiale où son père, Petit-Dufrénoy, s'était retiré dès le début de la Révolution, et où il accueillait volontiers des écrivains comme La Harpe, Champfort, Laya.

Procureur au Châtelet, Petit-Dufrénoy jouissait d'une grande considération pour son savoir et sa haute probité. Voltaire, dans des lettres inédites, en parle avec les plus grands éloges. Atteint dans sa fortune, au sortir de la Révolution, il fut plus péniblement encore frappé par la perte de la vue qu'il supporta avec courage, soutenu dans ce malheur par le dévouement de sa femme qui se consacra entièrement à lui et au soutien de sa famille.

Mme Petit-Dufrénoy, versée dans les langues anciennes était aussi un délicat poète dont les œuvres, empreintes d'une exquise sensibilité, étaient fort appréciées, notamment par le célèbre Béranger.

Il est certain que l'enfance de Dufrénoy fut profondément marquée par les malheurs de sa famille qui contribuèrent à développer chez lui une maturité d'esprit précoce, mais il eut aussi l'exemple du courage et de l'abnégation, et reçu les bienfaits d'un milieu intellectuel particulièrement distingué. Admirablement doué, le jeune Armand fit de brillantes études qui le conduisirent en 1811 à l'Ecole polytechnique, puis en 1813 à l'Ecole des Mines, située à cette époque à Moutiers, en Savoie. Il y reçut, pour la géologie et la minéralogie, l'enseignement réputé de Brochant de Villiers.

Lorsqu'en 1815, par suite de nos revers de 1814 et de la perte de la Savoie, l'Ecole dut réintégrer Paris, Armand Dufrénoy revint avec elle. Il franchit rapidement tous les échelons de la hiérarchie du Corps des Mines jusqu'au grade suprême.

En 1818 il était adjoint à l'inspecteur des Etudes et Conservateur des collections de l'Ecole des Mines qu'il ne quitta plus.

Il y professa la géologie et la minéralogie et il en devint directeur en 1846. Pendant vingt et un ans il en présida les destinées, et la transforma si complètement que de Sénarmont, son successeur dans la chaire de Minéralogie, affirmait qu'il devait en être considéré comme le véritable créateur.

« Entre ses mains, écrivait de Sénarmont, tout a changé de face ; des collections de toute nature se sont ouvertes à l'étude dans des constructions nouvelles ; l'administration et l'industrie privée ont trouvé un laboratoire toujours prêt à répondre à leurs demandes ; un grand nombre de jeunes ingénieurs sont venus chaque année puiser des connaissances spéciales à un enseignement presque transformé, et les étrangers eux-mêmes ont brigué, à l'Ecole des Mines, une place comme une faveur. »

En effet, administrateur habile, Dufrénoy n'hésitait pas à prendre ses responsabilités pour faire aboutir des réformes utiles. Il ouvrit les cours et les collections au public, et en 1845, il introduisit l'enseignement de la paléontologie. Le Conseil de l'Ecole qu'il savait sans doute peu favorable à cette dernière innovation, ne l'apprit que trois ans plus tard.

Ses élèves lui apportaient le témoignage d'une affectueuse reconnaissance. Il avait pour eux une sollicitude toute paternelle.

« En était-il, parmi ceux qui se recommandaient par leur travail et leur valeur morale, auxquels leur familles ne pouvaient donner une assistance suffisante, ... il allait à eux, les interrogeait avec bonté et, lorsqu'il en reconnaissait la nécessité, les obligeait à puiser dans sa bourse de quoi faire face aux difficultés matérielles de leur situation » (1).

Par ailleurs cette place éminente qu'il occupait dans le Corps de Mines comportait également pour lui bien d'autres devoirs. « Partout où s'agitait une question nouvelle, écrit encore A. Daubrée (2), l'Administration avait recours à ses lumières, à son jugement, à son expérience ; c'est lui qui, en Sologne, a fixé les bases des travaux exécutés pour assainir et fertiliser un sol ingrat ; qui, à Vichy et ailleurs, a tracé la voie suivie avec succès pour assurer le captage de leurs précieuses eaux minérales. » Notons ici qu'afin d'élaborer d'une façon rationnelle un plan de développement de l'agriculture, il proposa dans son rapport sur la Sologne, de créer un service spécial de géologie agricole.

A cette carrière administrative si féconde, Dufrénoy adjoignit une œuvre scientifique importante d'ordre géologique et minéralogique.

En géologie, le nom de Dufrénoy est attaché, avec ceux de Brochant de Villiers et d'Elie de Beaumont, à l'exécution de la

(1) A. Daubrée : Eloge de Dufrénoy, in *Livre du Centenaire de l'Ecole polytechnique* (1794-1894), p. 375, Paris, Gauthier-Villars, 1895.

(2) *Loc. cit.*, p. 381.

Carte géologique de la France, pour laquelle fut d'abord choisie l'échelle du 1/500.000e.

L'idée de représenter sur une carte la nature du sol d'un pays n'était pas nouvelle. Elle avait été réalisée pour la première fois par Guettard, et son ébauche de carte géologique de la France (1751) est l'ancêtre des cartes produites par les Services géologique du monde entier. Le but de cette carte était, d'ailleurs, surtout utilitaire ; il s'agissait en effet de satisfaire aux besoins grandissants de l'industrie minérale et de l'agriculture.

Il est intéressant à ce sujet de rappeler que Guettard eut, pour l'assister dans ce travail, Lavoisier, qui fit preuve de remarquables aptitudes pour la géologie.

Le décret du 18 messidor an II, créant le Corps des Mines, avait eu soin de spécifier que ses ingénieurs devaient rechercher les substances minérales dans leurs arrondissements respectifs et fixer leurs découvertes sur des cartes.

C'était en effet l'époque du développement des techniques industrielles. L'ancienne machine à vapeur de Denis Papin, Savery, Newcomen avait reçu, grâce au génie inventif de James Watt, des perfectionnements décisifs (de 1765 à 1774). Elle se perfectionnait encore et, d'autre part, la première batterie de hauts fourneaux français avait été installée au Creusot en 1781. Les forges artisanales cédaient la place aux techniques de la sidérurgie.

Il fallait élaborer les méthodes et les instruments nécessaires aux recherches des substances minérales utiles, les minerais, le charbon, les schistes bitumeux, etc... Une carte géologique bien faite était l'un de ces instruments fondamentaux.

C'est ainsi que la géologie et la minéralogie ont progressé à partir de la pratique des mines et des carrières.

Dufrénoy dans les « notions préliminaires » de son traité de Minéralogie (1) a lui-même souligné cet enchaînement, comme l'avait fait antérieurement Haüy :

« L'histoire des minéraux, écrivait-il, est liée d'une manière intime avec celle de la civilisation, et on pourrait caractériser, par la découverte de certains métaux, les progrès de l'industrie et le développement successif du bien-être matériel de la société. Mais la pratique a de beaucoup précédé la science, et le mineur connaissait les minéraux utiles, il savait les élaborer, longtemps avant que leurs propriétés fussent clairement déterminées. »

Au début du XIXe siècle, l'industrie britannique était en avance sur l'industrie française, car dès la fin du XVIIIe siècle les industriels d'Angleterre avaient été les premiers à transformer leurs manufactures en fabriques utilisant des machines. James Hutton avait publié en 1795 sa « Theory of the Earth » qui en a fait le fondateur de la géologie moderne.

(1) P. A. Dufrénoy, *Traité de Minéralogie*, 2e éd. T. I, p. 1-2, 1855

En 1807 était créée à Londres la Geological Society of London, première société de géologues, car les travaux de Hutton avaient suscité un grand intérêt pour les sciences de la Terre, et c'est à cette époque que William Smith, ingénieur du « Canal des Houillères », chargé d'en étudier le tracé, faisait connaître ses principaux travaux et publiait la première Carte géologique d'Angleterre (1815), suivie de celle de Greenough (1820).

C'est donc le charbon de Cardiff et son transport à Londres qui fut à l'origine de ces recherches de stratigraphie et de cartographie géologique (1).

En France, le Conseil des Mines, recevant cette carte en 1822, saisissait cette occasion pour soumettre à l'administration supérieure un programme dû à Brochant de Villiers ayant pour but de doter la France d'une carte semblable. Brochant fut chargé de la direction, Dufrénoy et Elie de Beaumont de l'exécution du travail. Les trois ingénieurs partirent en mission d'information en Angleterre, afin de bénéficier de l'expérience des géologues anglais et de se familiariser avec les divisions stratigraphiques établies par eux. Ils devaient étudier en outre les avantages que peut donner l'air chaud substitué à l'air froid comme moyen d'alimenter la combustion dans les hauts fourneaux. Les deux ingénieurs visitèrent donc aussi et étudièrent les mines, les exploitations, les usines. L'ouvrage qu'ils publièrent à leur retour en collaboration avec de Coste et de Perdonnet, intitulé : *Voyage métallurgique en Angleterre,* reçut du major-général Portlock, président de la Société géologique de Londres, ce haut témoignage d'estime que trente ans plus tard, en 1859, il n'existait encore pas d'exposé aussi complet de la richesse minière du Royaume-Uni et des industries connexes.

En ce qui concerne la Carte géologique de la France, le domaine d'Elie de Beaumont comprenait la portion du territoire se trouvant au Nord et à l'Est d'une ligne reliant Honfleur, Alençon, Chalon-sur-Saône et le Rhône. Dufrénoy devait lever la portion située à l'Ouest et au Sud de cette même ligne.

Pendant dix ans, Dufrénoy et Elie de Beaumont consacrèrent la belle saison à parcourir à pied ce vaste espace. Il s'agissait évidemment de réaliser seulement une rapide prospection avec l'aide, en certaines régions, des observations géologiques antérieures. Les cinq campagnes qu'ils firent de concert furent extrêmement fructueuses. L'accord scientifique entre les deux géologues était complet, et l'œuvre qui en est résultée offre une parfaite unité. Ils exprimèrent chacun leurs conclusions particulières dans des notes personnelles publiées surtout de 1830 à 1836, mais ils signèrent ensemble ces beaux volumes de l'Expli-

(1) Cf. P. Pruvost : L'écorce terrestre : in *Encyclopédie française*. T. III, Le ciel et la terre, p. 3-30-38.

P.A. DUFRÉNOY.

cation de la Carte géologique bien connus de tous les géologues et de tous les géographes.

L'introduction de cet ouvrage, paru en 1841, « est restée, écrit A. Lacroix (1), parmi les plus belles pages de la littérature scientifique française. Partant des données acquises au cours de leurs explorations, ils expliquent, non pas seulement leur carte, mais la constitution physique de la France même, et l'histoire de son sol basée sur la composition et la disposition des terrains qui en forment le fondement profond. Cette introduction est encore la meilleure que l'on puisse placer en tête des traités modernes de géographie physique ».

Avant que ne fût commencé ce grand ouvrage, d'autres géologues français apportaient une contribution célèbre aux progrès de la stratigraphie, et l'on doit ici rappeler qu'Alexandre Brongniart et G. Cuvier dégagèrent les principes de la stratigraphie paléontologique qui leur servirent de base dans leur grand travail sur la « géographie minéralogique des environs de Paris » (1810).

Au moment où fut décidée la publication de la carte géologique de la France, Dufrénoy, Elie de Beaumont et Brochant de Villiers fréquentèrent assidûment les réunions amicales qu'Alex. Brongniart organisait chez lui. Ils y retrouvaient des géologues tels que Constant Prévost, Ami Boué, Delesse, d'Orbigny. Brongniart les faisait profiter de ces conseils, et leur apportait son concours dans l'étude des terrains sédimentaires. On imagine aisément combien pouvaient être fructueux de tels contacts (2).

Les limites que m'impose cette notice ne me permettent pas de donner beaucoup de détails sur l'œuvre géologique de Dufrénoy. Il faut cependant souligner que dans les régions peu explorées de la France qu'il a étudiées pour en établir la carte géologique au 1/500.000e, beaucoup de résultats obtenus sont restés acquis.

Dufrénoy reconnut la structure plissée de l'Armorique, correspondant à des faisceaux de plis parallèles à petits rayons ; il la distingua des structures à déplacements verticaux limitées par des failles comme dans le Plateau central de la France, et des plis à grands rayons de courbure, parfois chevauchés, des Ardennes et des Alpes. Il a découvert encore la discordance des grès armoricains sur les phyllades de Saint-Lô, et aussi la pluralité des intrusions granitiques dans ces régions.

Dans les Pyrénées, l'essentiel des idées de Dufrénoy relatives à la saillie médiane d'un matériel ancien ont repris de l'actualité.

(1) A. Lacroix : *Figures de savants*, t. I, p. 36, Paris, Gauthier-Villars, 1932.

(2) Cf. J. Orcel : Histoire de la Chaire de Minéralogie du Muséum National d'Histoire Naturelle, *Bull. du Muséum*, 2e *série*, t. X, 1938, p. 334.

En ce qui concerne les régions volcaniques, Dufrénoy et Elie de Beaumont furent moins heureux, car la théorie des cratères de soulèvement qu'ils empruntèrent à Léopold de Buch, et à laquelle Elie de Beaumont resta obstinément attachée, était contraire à tous les faits constatés et ne lui survécut pas.

Bref, Dufrénoy et Elie de Beaumont furent en France nos premiers géologues cartographes. Ils ouvrirent la voie aux études de détail précises qui furent ensuite poursuivies par de brillantes équipes d'ingénieurs des mines travaillant d'abord dans chaque département puis, en compagnie d'universitaires, au sein du Service de la Carte géologique détaillée de la France (créé en 1868) sous la direction de maîtres éminents.

Nous devons être reconnaissants aux premiers pionniers de cette grande œuvre que furent Dufrénoy et Elie de Beaumont. Leur long effort fut honoré en 1843 par la Société Géologique de Londres qui décerna aux deux savants la médaille Wollaston, la récompense la plus appréciée des géologues ; et, faveur exceptionnelle, cette médaille fut remise à chacun d'eux.

Je dois maintenant rappeler les aspects majeurs des travaux minéralogiques de Dufrénoy et de son enseignement.

Professeur à l'Ecole des Mines depuis 1826, il cessa d'y enseigner en 1847, au moment où il succéda à Alexandre Brongniart dans la chaire de Minéralogie du Muséum d'Histoire Naturelle, après l'avoir suppléé pendant quelque temps.

A l'Ecole des Ponts et Chaussées les cours de Minéralogie et de Géologie furent fondés par Dufrénoy. Il y enseigna pendant près de vingt-cinq ans. Ses talents de professeur furent vivement appréciés. « Sa parole sobre et concise, mais toujours claire et souvent élégante, savait appeler l'attention sur les points les plus abstraits de la science, et donner un attrait véritable aux études les plus arides. L'élève laborieux trouvait toujours auprès de lui un éloge et un encouragement auxquels la réserve habituelle de ses manières donnait un prix tout spécial » (1).

Notre collection minéralogique nationale, installée par Brongniart dans la galerie actuelle, construite au Jardin des Plantes de 1833 à 1837, bénéficia largement de l'activité de Dufrénoy. Ce fut notamment grâce à son influence qu'en 1848, l'Assemblée nationale vota l'acquisition de la collection d'Haüy. Celle-ci, en effet, unique héritage qu'Haüy avait laissé à sa famille, avait été vendue en Angleterre et était, en 1848, la propréité du duc de Buckingham qui la céda pour le prix de 325 livres sterlings. C'est une précieuse relique, non pas tant par la beauté des 8.000

(1) Hervé-Mangon, *Notice sur Dufrénoy*, in Discours prononcés aux funérailles de M. Dufrénoy, le 22 mars 1857, Académie des Sciences, Paris, Didot, 1857 (Dufrénoy est mort le 20 mars 1857).

échantillons qui la constituent, mais parce que ceux-ci, tous étiquetés de la main d'Haüy, avaient servi à ses recherches. Dufrénoy eut la joie de la rapatrier et de la classer lui-même (1).

Il a publié sur divers minéraux d'assez nombreuses notes à la fois cristallographiques et chimiques, décrit de nouvelles espèces minérales (huréaulite, arséniosidérite (2), etc.) et de nouvelles variétés de minéraux connus (dréélite, villarsite, greenovite, junckérite, couseranite). On lui doit aussi l'analyse et la description de la météorite tombée en 1841 à Châteaurenard.

Mais l'œuvre essentielle de Dufrénoy en Minéralogie est son traité en quatre volumes qui eut deux éditions.

Ce traité est remarquablement conçu et écrit en un style clair et attrayant. Il ne rebute pas le lecteur non initié. A. Lacroix dit de ce traité « qu'il a contribué à développer en France le goût pour les minéraux, à entretenir le feu sacré des amateurs, jadis nombreux, qui les recueillaient et les collectionnaient ; ainsi ils faisaient avancer la science, ne fût-ce qu'en servant de pourvoyeurs aux spécialistes ».

Dans ce traité, Dufrénoy insiste sur la nécessité de faire intervenir d'une manière équivalente, pour la détermination des espèces minérales, la composition chimique et les caractères cristallographiques ; car ces deux catégories d'observations se prêtent un mutuel appui. Cependant Dufrénoy constate que dans les ouvrages antérieurs l'un des deux principes a exagérément dominé l'autre.

Tout d'abord, le grand retentissement de la découverte d'Haüy fit attacher une importance exceptionnelle et presque exclusive aux caractères cristallographiques ; et on délaissa les minéraux à texture compacte ou terreuse, d'apparence amorphe. Une réaction survint ensuite, intransigeante avec Berzélius, mesurée avec Beudant, qui, au contraire, réservait la prédominance aux caractères chimiques.

Entre ces deux groupes de caractères, Dufrénoy réussit à maintenir un juste équilibre que l'on retrouve dans tous ses travaux originaires relatifs aux espèces minérales.

Et s'il donne la première place aux caractères chimiques dans la classification des minéraux, il considérait, à juste titre, que les propriétés physiques de tous genres doivent servir à leur reconnaissance et à leur définition. Il comprit notamment que les découvertes de Malus, Fresnel, Arago et Biot sur la polari-

(1) Cf. A. Lacroix, *loc. cit.*, p. 39 et J. Orcel, *loc. cit.*, p. 345.

(2) Au sujet de ce minéral, qui est un arséniate de fer et de chaux hydraté, découvert dans la mine de manganèse de Romanèche par Tony Lacroix, grand-père de A. Lacroix, on trouvera une amusante anecdote de A. Lacroix (*loc. cit.*, p. 40) expliquant pourquoi Dufrénoy ne voulut pas donner le nom de l'illustre Lamartine à cette nouvelle espèce. On était à la fin de l'année 1842, à l'époque où Lamartine passait à l'opposition.

sation de la lumière par les cristaux offraient aux minéralogistes des possibilités nouvelles dans leurs recherches sur la constitution des minéraux, et c'est pourquoi il consacra à ces phénomènes quelques pages importantes dans son *Traité de Minéralogie*.

La controverse entre cristallographes et chimistes qui débuta d'une façon particulièrement vigoureuse par un échange de notes entre Haüy et Berthollet (1), n'a plus sa raison d'être aujourd'hui. En effet, grâce à l'emploi des rayonx X, qui permettent de déterminer avec une précision toujours plus grande l'architecture des édifices cristallins, et de pénétrer plus profondément dans « l'essence » du cristal, on voit maintenant comment la composition chimique et la structure correspondent à deux séries de données expérimentales étroitement liées entre elles, comment l'analyse structurale associée à des considérations sur l'énergétique du milieu cristallin permettent de comprendre les propriétés des cristaux et d'atteindre progressivement les lois qui régissent leur formation en assurant la cohésion de leurs atomes. Toutes ces préoccupations font l'objet d'une nouvelle science, la Cristallochimie, sœur de la Minéralogie.

Cependant, les observations que permet la reproduction artificielle des substances minérales complètent nécessairement les données de l'analyse radiocristallographique, de l'analyse chimique et de l'étude des associations minérales dans la nature..

Dufrénoy l'avait fort bien compris déjà, si l'on en juge par la place qu'il réserve aux fabrications artificielles des cristaux dans la seconde édition de son *Traité de Minéralogie*.

Il leur accorde même une grande confiance. « On peut affirmer, écrit-il, que si les cristaux qui constituent les roches ignées ou qui tapissent les filons n'ont pas été produits exclusivement par les procédés que nous allons faire connaître, ces procédés sont au nombre de ceux que la Nature a employés sur une grande échelle. »

C'est ainsi qu'il a décrit toutes les synthèses minérales réalisées de son temps, soit par la fusion sèche, soit à l'aide de « minéralisateurs » (sous la pression normale ou sous forte pression), soit par voie électrochimique, et faisant l'objet des beaux travaux de Mitscherlich, Berthier, Gaudin, Ebelmen, Daubrée, Durocher, de Sénarmont, Becquerel, Despretz.

Habile cristallographe et chimiste averti, Dufrénoy était également un naturaliste perspicace. Il le montre dans toute son œuvre où apparaît le souci de considérer les minéraux en fonction de leur milieu naturel, de définir avec rigueur les espèces, de décrire leurs modes d'association caractéristiques, les condi-

(1) Cf. J. Orcel : Haüy et la notion d'espèce en Minéralogie, in *Bull. Soc. Franç. min.*, t. 67, 1944, p. 273-286.

tions géologiques de leurs gisements, et de fournir des renseignements sur leurs utilisations pratiques.

Continuant et développant la tradition féconde inaugurée par Haüy et Dolomieu, perpétuée par Alexandre Brongniart, Dufrénoy fut de ceux qui au début du XIX[e] siècle firent le mieux connaître l'importance de la Minéralogie dans ses rapports avec les autres sciences et les techniques. Ses travaux de tous genres, scientifiques, techniques et administratifs lui valurent une grande notoriété. Il fut élu membre de l'Académie des Sciences en 1840, il entra au Conseil des Mines en 1846 et fut promu au grade supérieur de son Corps en 1851.

Par ses mérites exceptionnel d'homme et de savant, Armand Dufrénoy honora avec éclat les grandes institutions scientifiques auxquelles il a appartenu, l'Académie, le Muséum, et l'Ecole des Mines. La Société Géologique de France qu'il présida deux fois, bénéficia de son vigilant concours (1). Il en avait été l'un des fondateurs et son premier vice-secrétaire.

Enfin, la conscience exemplaire avec laquelle il accomplissait les devoirs de ses hautes fonctions dans l'Administration des Mines, fit de lui l'un des meilleurs artisans du développement industriel et agricole de notre pays à cette époque où grandissaient en Europe les forces nouvelles de production, en même temps que naissaient de redoutables concurrences.

Il est donc juste, à divers titres, d'honorer sa mémoire.

J. Orcel.

(1) Cf. A. d'Archiac : Notice sur la vie et les travaux de P.-A. Dufrénoy, lue à la Société géologique de France dans la séance du 21 mai 1860.

intervenu à l'Assemblée nationale !). Mais elle doit revenir devant le parlement lors de la discussion du projet de réforme de l'Enseignement. Aussi n'est-il pas inutile de faire quelques commentaires.

Le vote de cette loi, sans discussion et sans que la moindre remarque ou objection ait été présentée, montre qu'aucun membre de l'Assemblée nationale n'a la moindre connaissance de ce que sont les Conseils universitaires, leur rôle, leur composition et leurs attributions. Par exemple, alors qu'il est instituée une représentation étudiante auprès des Conseils d'Université et de Faculté, rien n'a été prévu pour les assemblées de Faculté (ce qui eût été moins anormal), dont l'existence paraît être inconnue à M. Deixonne et ses collègues.

On peut signaler brièvement quelles seraient quelques conséquences de la loi votée par l'Assemblée nationale. Dans certains Conseils de Faculté les étudiants auraient la majorité, ces conseils ne comprenant que les professeurs titulaires (décret du 28 décembre 1885). Alors que les professeurs sans chaire et les maîtres de conférence ne sont pas membres des Conseils de Faculté (mais seulement des assemblées), des étudiants y siègeraient. Le rôle principal des Conseils de Faculté est, d'une part, la présentation des candidats aux chaires vacantes et, d'autre part, l'étude du budget des facultés. En admettant, comme cela semble résulter de l'article 4 de la loi, que les étudiants ne participent pas à la présentation au Ministre de leurs professeurs, les verra-t-on participer à la répartition des crédits entre les laboratoires des divers professeurs ?

CONGRÈS ET RÉUNIONS SCIENTIFIQUES

CONGRES DE LA SOCIETE INTERNATIONALE POUR L'ETUDE DES CORPS GRAS, Paris, 21-23 octobre 1957.

COLLOQUE INTERNATIONAL groupant les spécialistes de la ZOOLOGIE DES MAMMIFERES, Paris, 24-26 octobre 1957.

CONGRES MONDIAL DE METALLURGIE, Chicago, 2-8 novembre 1957 (M. Eisenman, American Society of Metals, 7301 Euclid Avenue, Cleveland, 3, Ohio).

JOURNEES METALLURGIQUES d'Automne, organisées par la Société Française de Métallurgie (25, rue de Clichy, IX^e) à Paris, du 7 au 12 octobre 1957.

Dès notre prochain numéro nous publierons la liste des Congrès pour 1958, au fur et à mesure que les renseignements nous parviendront.

Philibert GUINIER

Directeur honoraire de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts,
Membre de l'Institut, ancien Président de l'Académie d'Agriculture
Président de l'Association française pour l'Avancement des Sciences
pour l'année 1957

par R. ROL.

Monsieur le Directeur Guinier est né à Grenoble le 21 juin 1876. Sa jeunesse s'est passée au contact de la forêt, sous l'égide d'un père qui, forestier de carrière et excellent naturaliste, était à même, non seulement de développer son goût inné pour la botanique, mais de lui faire saisir l'importance de la biologie végétale comme fondement des sciences forestières, à une époque où le forestier d'Etat était beaucoup plus juriste et administrateur que biologiste.

En 1895, il fut reçu à l'Institut National Agronomique, puis en 1897 à l'Ecole forestière, occupant toujours la première place. Dès 1901, après un court séjour dans les Alpes, il revenait à l'Ecole forestières comme assistant à la Station de Recherches ; nommé chargé de cours en 1904 puis Professeur titulaire de Botanique forestière, en 1921 il se voyait confier la Direction de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts.

Professeur remarquable, clair, précis, convaincu et sachant convaincre, durant quarante années, M. le Directeur Guinier a exercé une influence profonde non seulement sur le corps forestier tout entier, mais aussi sur les milieux agricoles et botaniques. Cette influence, qui est à la base de l'évolution récente de l'idée forestière, s'est développée dans des directions bien différentes.

Tout d'abord, dès son installation dans la chaire de Botanique forestière, il a rénové cet enseignement qui, jusque là, comprenait essentiellement, outre des données sur l'anatomie et la physiologie des arbres, l'étude de la systématique des végétaux ligneux et ce, sans aucun lien entre l'enseignement de sciences forestières et celui de la botanique.

Formé dès sa jeunesse par un père forestier et naturaliste, ayant subi l'influence de professeurs éminents tels que Le Monnier, Flahault, Cuénot, il eut constamment présente à l'esprit la nécessité de la recherche et de la méthode scientifique comme bases fondamentales de la foresterie moderne. Réduisant l'enseignement de la systématique aux notions indispensables, il fit dans son cours une part de plus en plus large à l'écologie des végétaux ligneux et à la phytosociologie forestière comme à cer-

tains problèmes d'anatomie et de physiologie végétale qui intéressent spécialement les arbres, et ont des applications pratiques en matière forestière. Les recherches qu'il effectua dans le domaine de la pathologie végétale lui permirent aussi non seulement de développer utilement son enseignement sur ce point, mais aussi d'attirer l'attention des praticiens sur certaines mesures permettant de limiter les dégâts de divers parasites. D'autres questions encore, d'un intérêt capital pour l'amélioration de la forêt française ont, dès le début de son enseignement, retenu son attention.

En premier lieu, l'importante question de l'existence de races distinctes dans nos grandes essences forestières, question intimement liée à celle du choix des semences en culture forestière, et si les progrès considérables réalisés dans ce sens depuis trente ans ont été rendus possibles par une connaissance de plus en plus précise des lois de la génétique, le rôle de M. le Directeur Guinier en cette matière n'en a pas moins été prépondérant.

Une seconde question, d'ailleurs étroitement liée à la précédente, a également retenu son attention : dans les reboisements une place souvent importante doit être réservée à des espèces d'arbres non spontanés en Europe, provenant de régions plus ou moins lointaines, mais cependant économiquement intéressantes à des titres divers comme la rapidité de croissance ou la qualité des produits qu'ils sont susceptibles de fournir. Or dans le passé, cette introduction d'essences nouvelles a souvent abouti à des résultats décevants, parfois même à des échecs complets. Envisageant le problème dans son ensemble, M. le Directeur Guinier a énoncé les principes sur lesquels devait reposer, pour être couronnée de succès, l'introduction d'essences étrangères au pays et montré la nécessité d'une expérimentation bien conduite.

Au cours de la guerre 1914-1918, les circonstances l'ont amené à se préoccuper de l'utilisation du bois dans l'industrie et à constater les énormes lacunes alors existantes pour la connaissance et l'emploi rationnel de ce matériau. Il fut aussi conduit à tracer un programme d'étude du bois en tant que matériau et à créer une discipline nouvelle, la Xylologie, empruntant la majeure partie de sa substance à la Botanique forestière, mais complétée par des études physiques et mécaniques et par des méthodes d'essais qui relèvent de la résistance des matériaux.

Concurremment avec la partie scientifique de son œuvre, M. le Directeur Guinier a mené également à bien une lourde tâche administrative. Dès son arrivée à la direction de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts, il réorganisa et développa considérablement la Station de Recherches et Expériences forestières, puis fut chargé de la coordination de l'enseignement forestier aux divers degrés, et prit aussi une part prépondérante dans la création du Laboratoire central d'Essais des Bois et de l'Ecole supérieure du Bois.

Sur un plan plus général, son action n'a pas été moins grande, il a appris au forestier de l'Etat qu'il n'a pas le droit de limiter son action à la gestion des massifs forestiers qui lui sont confiés, mais qu'il doit se préoccuper largement des besoins de l'industrie et du commerce du bois et qu'il ne doit pas se désintéresser de la place qu'occupe la Forêt dans l'économie générale du pays, tout spécialement dans les pays de montagnes, où cette place est souvent prépondérante.

Il s'est également préoccupé de faire connaître à l'étranger l'œuvre forestière de la France, et dans les réunions forestières internationales, il occupa rapidement une place de premier plan. Il joua un rôle important dans la « *Sylva mediterranea* » et fut appelé à la présidence de l'Union internationale des Stations de Recherches forestière en 1929. Aussi n'est-il pas étonnant qu'en 1950, lors de la célébration de son jubilé, des hommages d'admiration et de sympathie lui soient parvenue de pays divers, trop nombreux pour être cités ici.

En octobre 1941, M. le Directeur Guinier, atteint par la limite d'âge, devait prendre sa retraite, mais si de ce fait il cessait toute activité administrative, par contre son activité scientifique s'en est trouvée accrue. Il put enfin réaliser une œuvre qu'il souhaitait entreprendre depuis longtemps : étudier les peupliers et fonder la populiculture sur des bases scientifiques incontestables. Grâce à lui, d'importants résultats ont été obtenus tant en France où il dirige les travaux de la Commission nationale du Peuplier, que sur le plan international où il a assumé pendant 10 ans (1947-1957) la présidence de la Commission internationale du Peuplier. De même, il s'est attaqué au problème du noyer et préside également la Commission nationale du Noyer qui s'efforce de remédier à la disparition actuelle de cet arbre si précieux. Il s'occupe aussi activement de la Protection de la Nature.

Continuant et développant l'œuvre entreprise depuis de longues années pour une meilleure productivité de la forêt française, il s'est enfin efforcé d'atteindre et d'informer les milieux les plus divers, notamment les milieux scientifiques ou les propriétaires forestiers, par des conférences, des articles de revues, des causeries faites sur le terrain au cours de voyages d'études.

On peut regretter que M. le Directeur Guinier n'ait pas trouvé le temps, au cours d'une carrière trop chargée, de rédiger un véritable traité de Botanique forestière. Mais les principes qu'il a posés, les conférences qu'il a faites, les résultats des expériences qu'il a réalisées, ont été publiées dans de nombreuses publications dont la liste comporte plus de 170 numéros.

Son indiscutable notoriété, son activité qui ne s'est jamais ralentie, ont valu à M. le Directeur Guinier les distinctions les plus flatteuses. Il est commandeur de la Légion d'honneur, membre de l'Institut, membre et ancien président de l'Académie d'Agriculture, président ou membre de nombreux Conseils ou

Commissions où ses avis sont toujours très écoutés. Il est enfin Docteur *honoris causa* de l'Université de Louvain et membre d'honneur de plusieurs sociétés scientifiques, agricoles ou forestières étrangères.

En tant qu'homme, il nous faut souligner ici sa droiture, son sens du devoir, son désintéressement, mais aussi son extrême affabilité, sa grande bonté qui, presque autant que sa compétence indiscutée, lui attirent la respectueuse estime de tous ceux qui ont écouté ses leçons et le dévouement affectueux de ceux qui ont eu le privilège recherché de servir sous ses ordres. Agé maintenant de 81 ans, il fait l'admiration de tous par son merveilleux équilibre intellectuel et physique.

En terminant cette biographie nécessairement incomplète tant l'activité de M. le Directeur Guinier a été, et est encore variée, nous voudrions citer ces lignes d'un de ses anciens élèves écrites à l'occasion de son jubilé en 1950 :

« Pour nous, forestiers, qu'il a nourris de sa propre science, il est d'abord le Maître à qui nous devons le plus solide de nos connaissances. Il est aussi notre fierté : comme si l'admiration qu'on lui témoigne rejaillissait sur le Corps forestier français et sur nous-mêmes, ses élèves. »

R. Rol.

Mai 1957.

Il est créé à REIMS une ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES rattachée à la Faculté des Sciences de Paris.

Nous relevons dans le *Journal Officiel* du 20 août, la promotion au grade de Commandeur de la Légion d'honneur de M. DONZELOT, Directeur général de l'Equipement scolaire, ancien Directeur général de l'Enseignement Supérieur, et du Professeur Jean VERNE, Secrétaire général de l'Association française pour l'Avancement des Sciences. Toutes nos félicitations.

Les circonstances et le plan de la nature chez Lamarck

par Jean-Paul ARON.

L'interprétation commune du lamarckisme attribue aux seules circonstances le pouvoir de varier les formes vivantes. Les circonstances sont, pour Lamarck, l'ensemble des influences qui s'exercent, de l'extérieur, sur les organismes. Les lieux, les climats, les milieux (les fluides comme l'air et l'eau) sont les sources principales et toujours modifiables des actions qui déterminent les corps à se modifier parallèlement pour survivre aux changements de leurs conditions d'existence. Chacune de ces sources recouvre elle-même toute une variété d'influences. Ainsi les eaux, dont Lamarck énumère la variété des circonstances en une évocation poétique qui fait songer à Bachelard : « les eaux douces, les eaux marines, les eaux tranquilles ou stagnantes, les eaux courantes ou sans cesse agitées, les eaux des climats chauds, celles des régions froides, enfin celles qui ont peu de profondeur et celles qui en ont une très grande, offrent autant de circonstances particulières qui agissent chacune différemment sur les animaux qui les habitent. Or, à degré égal de composition, d'organisation, les races d'animaux qui se sont trouvées exposées dans chacune de ces circonstances, en ont subi les influences particulières, et en ont été diversifiées » (2).

D'accord sur ce point, les exégètes vitalistes et mécanistes de Lamarck renvoient dos à dos la vie et les circonstances comme deux termes étrangers l'un à l'autre, opposés en un conflit incessant qui suffirait à rendre compte de la diversité des corps vivants. De la nature et de ses pouvoirs propres à faire varier les organismes, il n'est pas question dans ce schéma. Lamarck lui fournit, il est vrai, la caution de textes décisifs, où l'empire des circonstances est affirmé comme illimité : « En effet, une cause dont la puissance est absolue, supérieure même à la nature, puisqu'elle régit tous ses actes et dont l'empire embrasse toutes les parties de son domaine, ne saurait être passée sous silence. Cette cause réside dans le pouvoir qu'ont les *circonstances* de modifier toutes les opérations de la nature, de forcer cette dernière à changer continuellement les lois qu'elle eût employées sans elles, et de déterminer généralement la nature de chacun

(1) Discours d'ouverture de l'an X, *Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*, 1907, p. 80.

(2) *Philosophie zoologique*, éd. 1809, 1re partie, ch. VI, t. I, p. 133-134.

de ses produits ; en sorte que c'est à cette même cause qu'il faut attribuer l'extrême diversité des productions de la nature. C'est une vérité incontestable, puisque partout l'observation l'atteste, qu'à l'empire des circonstances, qu'à la nécessité qu'il impose partout, ce que peut faire la nature est généralement assujetti » (3).

Mais une difficulté demeure que des formules aussi catégoriques ne parviennent pas à lever : si les circonstances ont le pouvoir de modifier les lois de la nature, il reste bien établi que celle-ci « les eût employées sans elles ». Dans des textes nombreux, Lamarck précise même qu'elle ne cesse effectivement de les employer, puisqu'elle constitue un pouvoir universel de mouvement qui régit sans exception tous les phénomènes (4). En ce qui concerne plus particulièrement ceux de la vie, elle opère par un plan qui a le double sens d'une finalité (5) et d'un ordre (6) qui s'exprime par une hiérarchie de classes. Ainsi la classification lamarckienne des groupes biologiques se fonde-t-elle sur le principe de la gradation de la vie, passant d'un état élémentaire et imparfait à des formes complexes (7) pour aboutir à l'homme, terme parfait de l'organisation (8). Cette hiérarchie n'est ni arbitraire, ni abstraite (9), elle correspond à un ordre réel et inaltérable ; aucune action extérieure au pouvoir de la nature n'étant en mesure de déterminer l'appartenance de la girafe à la classe des mammifères, ou du cygne à celle des oiseaux.

Mais, si la nature a créé une diversité de types que la diversité contrariante des circonstances vient modifier selon sa fantaisie, comment est-il possible de découvrir dans le monde vivant la réalisation d'un plan, et comment ce plan s'accommode-t-il de l'action de circonstances qu'il n'aurait pas pu prévoir, et, par conséquent, qui le perturbent et le dévient ?

***

A ce problème Lamarck n'a pas proposé moins de trois solutions. Peu soucieux de leurs contradictions mutuelles, il passe parfois dans un même texte de l'une à l'autre. La première consiste à confronter les circonstances et le plan de la nature

(3) *Système analytique des connaissances positives de l'homme*, 1820, p. 142-143.

(4) *Phil. zool.*, 2e partie, Intr. t. I, p. 359-361 ; Article Nature, in Extrait de quelques articles du *Nouveau Dictionnaire d'histoire naturelle* de Déterville, p. 159-160 ; même texte, in *Système analytique des conn. de l'homme*, p. 20.

(5) *Phil. zool.*, 1re partie, ch. VI, t. I, p. 163.

(6) Disc. d'ouv., 1806, *Bull. scientifique de la Fr. et de la Belg.*, p. 117.

(7) *Syst. analyt. des conn. de l'homme*, p. 130.

(8) *Phil. zool.*, 1re partie, ch. VI, t. I, p. 138.

(9) *Disc. d'ouv. de l'an X*, p. 67.

en une lutte où les circonstances manifestent leur privilège. La seconde les réconcilie dans une action convergente qui favorise la perfection de leurs productions. Enfin, la dernière les unifie, mais au profit de la nature qui récupère tout son empire, l'étendant jusqu'aux circonstances qui semblent étrangères à son plan.

I. - L'obstacle des circonstances

L'opposition des circonstances au plan uniforme de la nature recouvre l'opposition du vivant et du monde. Il s'agit en fait du même conflit, envisagé à deux niveaux différents. La désolation des vivants dans l'univers, voués à une lutte sans merci pour l'existence, traduit, dans les phénomènes particuliers, la tragédie plus profonde qui déchire la source même de la vie, contestée dans sa tendance à la perfection et assujettie à des facteurs de désordre. Parfois la pensée de Lamarck évoque la distinction leibnizienne de l'ordre nécessaire des essences et de l'ordre contingent des existences, la création substituant à une unité logique la complexité des faits (10). Mais il n'y a pas ici de principe de raison suffisante qui garantisse à la contingence un statut dans l'harmonie universelle. L'échec de la nature est complet puisqu'il se manifeste par l'abandon de ses productions aux vicissitudes des circonstances, et par la réalité même des circonstances dont l'empire surpassant celui de la nature, volatilise son principe d'unité dans le caprice des événements. C'est une vision quasi manichéenne de la nature que Lamarck semble parfois présenter. La puissance de la nature ne saurait s'affirmer qu'en se heurtant à une puissance hostile. Ainsi s'explique que dans cette lutte où le principe négatif semble l'emporter finalement, un ordre ne se dessine que pour être aussitôt perturbé : « A la vérité, la dégradation dont je parle n'est pas toujours nuancée, ni régulière dans sa progression... Mais on va sentir que cela n'a pu être autrement, que la cause qui compose progressivement l'organisation a dû éprouver diverses déviations dans ses produits, parce que ses produits sont souvent dans le cas d'être changés par une cause étrangère qui agit sur eux avec une puissante efficacité » (11).

Cette cause étrangère est *anomalie* (12). déviation (13). Mais l'infraction à la norme emprunte paradoxalement les voies mêmes de la norme : les circonstances se métamorphosent en moyens de la perfection. Tout ce qui est possible est réel, et c'est la diversité des circonstances qui engendre la richesse du

(10) *Phil. zool.*, 2e partie, ch. IV, t. II, p. 39.
(11) *Phil. zool.*, 1re partie, ch. VI, t. I, p. 132.
(12) *Phil. zool.*, 1re partie, ch. VI, t. I, p. 135 ; *id.*, p. 212 (en italique dans le texte).
(13) *Phil. zool.*, 1re partie, ch. VI, t. I, p. 171.

réel (14). Aussi bien, la contradiction des formules vient-elle à point résoudre celle des choses : les circonstances ne sauraient faire obstacle à la nature que sur son terrain, et comme pour la relever dans les mêmes tâches. L'impuissance de la nature est compensée par la puissance des circonstances. Lamarck n'accorde de positivité au négatif que pour le réduire au positif. Il n'y a pas de circonstances défavorables.

2. - Les circonstances favorables

Lamarck ne peut pas s'arrêter davantage au conflit du plan de la nature et des circonstances qu'à celui du vivant et du monde. Bien avant A. Comte (15), il récuse la formule de Bichat que « tout ce qui entoure le vivant tend à le détruire » (16) : « Loin que tout ce qui environne les corps vivants tende à les détruire, ce que l'on répète dans les ouvrages physiologistes modernes, je suis convaincu au contraire qu'ils ne conservent leur existence qu'à l'aide d'influences extérieures, et que la cause qui amène essentiellement la mort de tout individu possédant la vie est en lui-même et non hors de lui » (17). Si, en effet, l'harmonie des vivants et des circonstances contingentes ne peut être préétablie, elle est réalisée, en fait, par la convergence des fins de la nature qui tend à perfectionner ses productions en les compliquant et les multipliant, et de la diversité inépuisable des circonstances. L'effort d'adaptation individuelle des vivants aux modifications des circonstances n'est donc qu'une manifestation de l'adaptation générale de la nature aux circonstances qu'elle rencontre dans son exécution. Cette rencontre elle-même n'est contingente que sans ses phénomènes particuliers, elle est impliquée dans l'essence de la nature qui ne réalise *directement* son plan qu'à travers les ébauches de la vie (18), les formes encore indistinctes, intermédiaires entre l'inorganique et le vital. Pour les formes plus complexes, elle ne peut exécuter son plan qu'indirectement. C'est en quoi le concours des circonstances lui est favorable au double titre de *moyens* (19) dont elle ne peut se passer pour donner l'existence à toutes ses productions, et de *ressources* (20) qu'elle met à profit pour les amener à la plus grande perfection. Le plan de la nature est aux circonstances comme le possible au réel : les corps simplement prévus dans le plan de la nature sont « déterminés positivement » (21) par les circonstances.

(14) *Disc. d'ouv. de l'an VIII*, *op. cit.*, p. 26-27 ; *de l'an X*, p. 72.
(15) *Cours de Philosophie positive*, 40e leçon, éd. Schleicher, t. III, p. 151.
(16) *Recherches physiologiques sur la vie et la mort*, p. 1.
(17) *Phil. zool.*, 2e partie, ch. VII, t. II, p. 124-125 ; cf. *Recherches sur l'organisation des corps vivants*, 1802, p. 72 sqt.
(18) *Disc. d'ouv. de l'an XI*, p. 99.
(19) *Disc. d'ouv. de l'an VIII*, p. 27 ; *de l'an X*, p. 72.
(20) *Disc. d'ouv. de l'an VIII*, p. 26 ; *de l'an X*, p. 72.
(21) *Syst. analyt. des conn. de l'homme*, p. 143.

C'est donc par le « concours non interrompu » (22) de la nature et des circonstances que tous les corps existants ont été successivement formés. Sans doute, la gradation des organismes, linéaire dans le plan de la nature, est-elle déviée et perturbée par les circonstances. Mais cette déviation est favorable puisque la tendance de la vie à perfectionner ses productions a été non seulement conservée par les circonstances mais développée indéfiniment par elles dans des détails que ne pouvait prévoir un plan général ; « ... la vie, surtout lorsque les circonstances sont favorables, tend sans cesse par sa nature à composer l'organisation, à créer des organes particuliers, à isoler ces organes et leurs fonctions, et à diviser et multiplier ses divers centres d'activité » (23).

3. - L'ordre des circonstances

Le dualisme, qui déchiffre dans la « gradation nuancée » (24) des êtres vivants la convergence d'une intention générale et de déterminations particulières, est-il plus intelligible que celui qui oppose la nature aux circonstances en une lutte irréductible ? En accordant aux circonstances un pouvoir séparé de la nature, Lamarck n'a-t-il pas commis l'erreur qu'il reproche à ceux qui négligent la considération des ensembles pour ne s'attacher qu'aux objets particuliers (25). Envisagées dans la multiplicité de leurs influences, les circonstances semblent extérieures au plan de la nature. Mais si l'on observe la série totale des animaux et des végétaux, on y aperçoit un ordre qui laisse dans l'ombre l'action particulière des climats, des lieux, des milieux : « Cependant, malgré les écarts apparents que je viens d'indiquer, le plan général de la nature et sa marche uniforme dans ses opérations, quoique variant à l'infini ses moyens, sont encore très faciles à distinguer. Mais, pour y parvenir, il faut considérer la série générale des animaux connus, l'envisager d'abord dans son ensemble, et ensuite dans ses grandes masses ; on y apercevra les preuves les moins équivoques de la *gradation* qu'elle a suivie dans la composition de l'organisation ; gradation que les anomalies dont j'ai parlé n'autoriseront jamais à méconnaître » (26).

Mais l'erreur qui consiste à isoler les circonstances de la nature a une racine plus profonde. Tant que le plan de la nature apparaît comme une pure possibilité logique, les circonstances sont nécessairement le moyen dont il dispose pour se réaliser. Mais le plan se confond avec la loi (27). Or les lois ne sont pas

(22) *Disc. d'ouv. de l'an XI*, p. 91.
(23) *Phil zool.*, 2e partie, ch. VI, t. II, p. 69.
(24) *Disc. d'ouv. de l'an VIII*, p. 29.
(25) *Syst. analyt. des conn. de l'homme*, p. 10-11.
(26) *Phil. zool.*, 1re partie, ch. VI, t. I, p. 135.
(27) *Phil. zool.*, 1re partie, ch. VI, t. I, p. 130.

comme les fins que poursuit idéalement un plan : elles sont immanentes aux phénomènes et les régissent universellement. Si bien que c'est par une pure apparence (28) que le plan de la nature semble tendre vers un but. On prend la nécessité qui établit graduellement un ordre de choses pour la fin en vue de laquelle il aurait été prévu.

En fait, la nature est une puissance qui soumet indifféremment à ses lois les circonstances et ses autres produits. Les anomalies aussi bien que les règles de la nature sont sans doute relatives à des objets particuliers, comme le bien et le mal qui n'intéressent jamais le résultat général prévu (29). Et c'est avec un accent tout leibnizien qui nous mène bien loin du manichéisme de certains textes, que Lamarck fait ainsi rentrer les circonstances dans l'ordre universel. « Puisque la nature est une puissance qui produit, renouvelle, change, déplace, enfin compose et décompose les différents corps qui font partie de l'univers, on conçoit qu'aucun changement, qu'aucune formation, qu'aucun déplacement ne s'opère que conformément à ses lois, et quoique les circonstances fassent parfois varier ses produits et celles des lois qui doivent être employées, c'est encore néanmoins par des lois de la nature que ces variations sont dirigées. Ainsi certaines irrégularités dans ses actes, certaines monstruosités qui semblent contrarier sa marche ordinaire, les bouleversements dans l'ordre des objets physiques, en un mot, les suites trop souvent affligeantes des passions de l'homme, sont cependant le produit de ses propres lois et des circonstances qui y ont donné lieu. Ne sait-on pas, d'ailleurs, que le mot hasard n'exprime que notre ignorance des causes » (30).

***

Sans prétendre, à travers tant de vicissitudes, retrouver l'unité d'une pensée que Lamarck n'a pas réussi à instaurer, n'est-il pas possible d'en atténuer les contradictions ?

1. - Lamarck distingue expressément dans l'organisation l'essentiel de l'accessoire. Les circonstances influent surtout sur l'accessoire, l'essentiel échappant davantage à leur pouvoir (31). Pressentant certaines conceptions contemporaines il oppose un plan général d'organisation, qui dépend uniquement de la nature, aux détails particuliers de structure qui sont relatifs aux circonstances. On songe notamment à la théorie d'Albert Brachet qui sépare l'hérédité générale — déterminée par le cytoplasme des cellules germinales et produisant les structures essentielles de la vie — de l'hérédité spéciale, régie par les chromosomes du

(28) Article Nature, *op. cit.*, p. 155.
(29) *Syst. analyt. des conn. de l'homme*, p. 10-11.
(30) Article Nature, *op. cit.*, p. 163, même texte in *Syst. analyt.*, p. 59.
(31) *Disc. d'ouv. de l'an X*, p. 68.

noyau, qui en contrôle les détails. Il n'y aurait donc plus de contradiction entre une conception qui donne tout aux circonstances et celle qui les soumet aux lois de la nature. Si l'être vivant est effectivement, dans son individualité concrète, le produit des circonstances qui ont déterminé l'ensemble de ses caractères particuliers, il est néanmoins l'ouvrage de la nature qui, seule, en a conçu l'organisation fondamentale. L'intérêt que Lamarck attache à la distinction des niveaux de l'organisation est attesté par le chapitre qu'il consacre dans la *Philosophie zoologique* aux facultés vitales, lequel est étendu et précisé dans l'article Faculté du *Dictionnaire* de Déterville. Il existe deux catégories de facultés : les facultés générales et les facultés particulières, celles-ci se subdivisant elles-mêmes en facultés constantes et en facultés altérables. Les premières concernent les processus de nutrition, d'assimilation, de développement et de reproduction. Les facultés particulières constantes consistent dans les phénomènes de digestion, de respiration, de se reproduire selon telle modalité sexuelle (ovipare ou vivipare), etc. Les facultés générales ne sont pas liées à tel système d'organes puisqu'on les rencontre chez tous les vivants depuis les plus rudimentaires ; les facultés particulières constantes dépendent par contre d'un système d'organe particulier (par exemple, la respiration, des poumons ou des branchies). Mais les unes et les autres sont le produit exclusif de la nature (32). Seules les facultés particulières altérables, comme la locomotion par des organes spécialisés (pattes, nageoires, ailes), les pouvoirs d'attaque et de défense par les dents, les griffes, les cornes, etc., sont soumises à l'action des circonstances, mais sans exclusion de celle de la nature. En sorte que Lamarck, dans un texte tardif, indique nettement, en dépassant ses thèses précédentes (la *Philosophie zoologique* ne faisait pas de place aux facultés altérables), le domaine imparti à l'action des circonstances qui ne concerne nullement la vie proprement dite. Sans doute, si l'on porte l'accent sur la perfection des organismes, l'éminence des facultés étant solidaire de leur multiplicité (33), ce sont les facultés produites par les circonstances qui y contribuent le plus manifestement. Mais si l'on tient compte que ce perfectionnement n'est possible qu'à l'intérieur d'un système que les circonstances ne déterminent pas, il est clair que les « circonstances favorables » ne sauraient s'exercer que dans des limites et selon des conditions qui leur sont imposées par la nature.

2. - Dans l'article Nature du *Dictionnaire* de Déterville, Lamarck distingue avec soin la matière, toute passive, de la nature (34). L'univers, qu'il oppose à son tour à la nature, n'est

(32) Article Faculté, in Extrait de quelques articles du *Nouveau Dictionnaire* de Déterville, p. 3 et 6.

(33) *Phil. zool.*, 1re partie, ch. IV, t. I, p. 86-87.

(34) P. 157, sqt.

que l'ensemble infini des phénomènes matériels dont la nature est à la fois la raison et le moteur. Toutefois il reconnaît à l'univers la possibilité de constituer « circonstantiellement » (35) des îlots d'action autonome. Lamarck ne s'explique guère sur cette promotion de secteurs matériels à la fonction causale. Peut-être faut-il voir là un emprunt à l'idée newtonnienne de la positivité du négatif ? Mais c'est en tous cas une indication précieuse pour l'élucidation du rapport du plan de la nature aux circonstances. Celles-ci ne font pas partie de la nature, mais seulement de l'univers momentanément pourvu de détermination positive. En sorte que, soumises comme tous les phénomènes de la matière à l'activité de la nature, et trouvant une place dans son plan, elles n'en constituent pas moins une résistance à sa causalité linéaire.

Lamarck semble accommoder ainsi le thème aristotélicien selon lequel c'est la matière qui introduit l'anomalie dans le vivant, à la découverte newtonienne qui confère au négatif une détermination positive, et transforme la résistance en obstacle. On comprend mieux alors que les circonstances, suivant le point de vue où on les considère, puissent apparaître comme une infraction au plan de la nature, une série indépendante de ce plan mais adéquate à ses lois, ou enfin comme un simple phénomène assujetti à sa puissance.

Jean-Paul Aron.

(35) P. 158.

Nouvelles scientifiques

● *Progrès récents dans la fabrication des aimants.* — Le « Scientific American » signale que les laboratoires de la « General Electric Company » viennent de mettre au point de nouveaux aimants permanents, constitués par des particules microscopiques de fer, orientées parallèlement les unes aux autres et pressées dans une matrice de substance non magnétique. Ces particules allongées et alignées réalisent des domaines élémentaires d'aimantation. Le fer est déposé électrolytiquement sur une cathode en mercure. Par un choix convenable des conditions de courant et de températures on obtient des particules dont les dimensions maximales sont de quelques millionièmes de pouce. On a ainsi fabriqué des aimants aussi puissants que ceux réalisés avec les meilleurs alliages usuels.

● *La lutte contre le Cercospora du Bananier.* — Depuis 20 à 25 ans les plantations de bananiers des Antilles, et en particulier de la Guadeloupe, souffrent d'une maladie de la feuille ou maladie de Sigatoka, qui à certaines périodes a pris l'allure d'un véritable fléau. Depuis peu cette maladie se répand aussi sur les côtes africaines. Elle est due à un champignon, le *Cercospora musæ* qui, favorisé par les conditions climatiques, a étendu ses ravages jusqu'à ce que l'on ait découvert un procédé efficace de lutte. Les fongicides (bouillies cupriques, fongicides de synthèse) qui ont d'abord été utilisés n'ont donné que de médiocres résultats. Mais à la suite d'essais effectués à la station de Recherches de « l'Institut des fruits et agrumes » de Neuchâteau (Guadeloupe), d'excellents résultats ont été obtenus au moyen de brouillards légers huileux et Cuille et Guyot ont mis au point une méthode de traitement connue sous le nom de « méthode antillaise ». A l'aide d'appareils conçus dans ce but on répand un brouillard extrêmement ténu d'une huile pétrolière (Orchard Spray oil) qui pénètre parfaitement dans les feuillages des bananiers. La « nébulisation » est généralement effectuée au moyen d'un mélange d'oxychlorure de cuivre et d'Orchard Spray oil. Des plantations ont été ainsi sauvées en deux ans de traitement à raison d'un arrosage toutes les deux semaines. De plus, non seulement le gain de poids pour la récolte est appréciable, mais surtout la récolte de septembre à janvier, rendue inexportable en raison des atteintes de la sigatoka, est maintenant entièrement préservée.

● *L'Industrie de l'ammoniac au Japon.* — Une Société américaine du Génie Chimique a entrepris la construction, à Noboeka

au Japon (pour le compte de la Société Japonaise Asahi), d'une usine d'ammoniac dont la production sera de 50 tonnes par jour. La Société Asahi, l'une des plus importantes firmes chimiques du Japon, fabrique des fibres artificielles, des engrais et des explosifs.

● *L'Industrie de la potasse au Canada.* — On est en train d'édifier au Canada, non loin de Saskatoon (Saskatchewan), une usine destinée à traiter 4.000 à 4.500 tonnes de minerai de potasse par jour. La production de cette première usine canadienne de potasse doit commencer vers la fin de 1958. Le Canada entreprend actuellement l'exploitation systématique d'une ceinture potassique d'environ 550 km. de longueur.

● *Le manganèse brésilien.* — Le Centre minier brésilien d'Amapa et le port de Santana viennent d'être récemment ouverts à l'exploitation. Près de la moitié (49 %) des gisements sont la propriété de la Société américaine « Bethlehem Steel ». Les ressources en manganèse du territoire d'Amapa sont évaluées à 11 millions de tonnes avec un minerai relativement pur (45 %). La production de ces gisements doit mettre le Brésil au second rang des producteurs de manganèse, immédiatement après les Indes.

● *Influence des radiations sur les cellules animales.* — Le « Scientific American » nous fait connaître la réponse donnée par T. T. Puck et P. I. Marcus de l'Université du Colorado, à la question de savoir quel est le seuil nuisible de radiation que peut recevoir une cellule animale. Ces biophysiciens estiment que, d'après leurs travaux, les 75 premiers roentgens ont une influence assez faible, mais au-delà de ce seuil chaque dose additionnelle de 96 roentgens réduit le nombre des cellules survivantes de 63 %. Une dose de 500 roentgens tue 99 % des cellules. Le critère utilisé au cours de ces recherches a été le suivant : une cellule est considérée tuée par les Rayonx X lorsqu'elle cesse de se développer en colonie. Dans certains cas les cellules peuvent continuer à se diviser avant de mourir, ce qui pourrait expliquer le retard de certaines maladies causées par les radiations. Enfin il semble que les cellules humaines soient des dizaines, ou peut-être même des centaines de fois, moins résistantes que les cellules des micro-organismes.

● *Les effets des drogues contre l'angoisse.* — Aux Etats-Unis les ventes de méprobamate, connu sous les noms commerciaux de « miltown » et « d'équanil », croissent constamment. Ainsi l'an dernier, quoi qu'on en ait vendu pour 32,5 millions de dollars (soit plus d'un milliard de francs !), la production a été insuffisante pour répondre à toutes les demandes. Les milieux médicaux américains étudient ces produits. Si certains vantent

les résultats obtenus dans des cas d'instabilité émotionnelle, d'insomnie ou de mal de mer, d'autres (dont le « Journal of the American Medical Association » se fait l'écho) signalent certains effets d'accoutumance et même d'intoxication. Aussi le gouvernement américain a l'intention d'entreprendre une vaste enquête sur cette question en mettant principalement à contribution les services hospitaliers de l'administration.

● *Edification d'un important centre de neurologie au Venezuela.* — Le « Scientific American » nous apprend que le Venezuela est en train de construire dans la jungle montagneuse, non loin de Caracas, un centre neurologique qui sera l'un des plus importants et des plus coûteux du monde (50 millions de dollars). Actuellement, 26 bâtiments constituant une « unité-pilote », sont construits et entièrement équipés. Une fois terminé l'Institut de neurologie et de recherches sur le cerveau sera équipé d'un hôpital de 200 lits et aura toutes les facilités modernes dans le domaine de la recherche médicale et biochimique ; il aura enfin à sa disposition un réacteur nucléaire.

● *Un nouveau réacteur semi-rapide.* — « L'Argonne National Laboratory » met actuellement au point aux Etats-Unis un nouveau type de réacteur, combinant un réacteur rapide à uranium enrichi, couplé à un réacteur thermique dont les barres de combustible sont plongées dans un modérateur. Chacune des deux parties est incapable, à elle seule, d'alimenter une réaction en chaîne ; mais cela est possible lorsque les deux parties sont associées, et le réacteur lent peut ainsi modérer le réacteur rapide. L'inventeur de ce dispositif, B. I. Spinrad, estime qu'il pourra être utilement employé dans les futurs générateurs nucléaires.

● *L'extinction des flammes par les substances pulvérisées.* — On sait depuis longtemps que certaines substances pulvérisées, en particulier les sels des métaux alcalins sont susceptibles de provoquer à de très faibles doses l'extinction des flammes, lorsqu'elles sont pulvérisées à de grands degrés de finesse. Les meilleurs extincteurs connus sont des sels de potassium (oxalate, picrate et bicarbonate). L'étude de ce phénomène a été récemment reprise au laboratoire du Professeur P. Laffitte à la Sorbonne, et les résultats obtenus ont fait l'objet de communications à l'Académie des Sciences. En utilisant des degrés de finesse supérieurs à ceux employés jusqu'ici il a été reconnu que les sels de sodium deviennent d'aussi bons extincteurs que ceux du potassium. D'autre part certaines flammes à très grande vitesse de propagation, et pouvant atteindre 450 m./sec., ont pu être éteintes.

● *Nouvelles productions minérales du Venezuela.* — La « Venezuelan Sulphur Corporation » vient de découvrir tout récemment non loin de Carupano (port situé sur la mer Caraïbe à environ 400 km. à l'est de Caracas), des fumerolles analogues aux soffioni italiens. Cette source de vapeur naturelle pourrait avoir une teneur élevée en deutérium. ce qui intéresserait la Société qui a l'intention de produire de l'eau lourde destinée à alimenter une future centrale thermo-nucléaire. L'intérêt porté à cette question serait augmenté du fait que « l'Atomic Energy Commission » a l'intention de rendre publics certains renseignements relatifs à la production d'eau lourde. De plus, de ces soffioni on retirera des dérivés du bore et de l'ammonium.

D'autre part le gouvernement vénézuélien vient d'annoncer la découverte d'un gisement de bauxite près de Ciudad Bolivar. La production d'aluminium peut alors être envisagée, l'énergie électrique nécessaire devant être fournie en partie par « Caroni River Hydroelectric » et en partie par « Venezuelan Sulphur Corporation ».

● *Obtention d'eau douce à partir d'eau de mer.* — La revue américaine « Industrial and Engineering News » signale qu'aux laboratoires de Recherches Bjorksten on étudie un alambic entièrement en matières plastiques (polyéthylène et téflon). L'évaporation de l'eau sera réalisée par l'énergie solaire, le condenseur étant en téflon. L'appareil serait très résistant à l'action des intempéries et à une exposition permanente aux radiations ultraviolettes. Un hectolitre d'eau douce reviendrait à moins de 6 francs.

Les Sociétés pétrolières exploitant les gisements de Bahrein, sur le Golfe Persique, installent un atelier de production d'eau douce à partir de l'eau de mer à l'aide d'échangeurs d'ions. On doit fournir, pour 5.000 personnes, 400.000 litres d'eau potable par jour. Les dépenses de fonctionnement seront dues à l'énergie électrique et au remplacement des membranes dont 4.500 seront utilisées. Avec 15 kw/heure on produira 4.500 litres d'eau avec une dépense pour le remplacement des membranes de 175 francs.

● *Une nouvelle hormone.* — On fait actuellement aux Etats-Unis des études sur une nouvelle hormone devant être utilisée pour le traitement des arthrites. Elle est environ 12 à 18 fois plus active que la cortisone. Il s'agit de la méthyl-δ-1-hydrocortisone, ou « Médrol » qui, contrairement à la cortisone, ne retient pas l'eau et le sel dans l'organisme. Elle a été obtenue par synthèse chimique et oxygénation microbiologique. Elle est à l'essai dans divers centres hospitaliers américains.

● *Un nouvel herbicide.* — On vient de mettre sur le marché aux Etats-Unis un nouvel herbicide, l'éthyl -N, N-di-*n*-propyl-

thiolcarbamate (ou E P T C) qui, aux essais, a donné des résultats excellents sur le trèfle, le blé, les carottes, les tomates et les betteraves. On l'a utilisé avec succès tant pour prévenir que pour désherber.

● *Nouvelles relatives à l'Energie atomique.* — Le centre italien pour la Recherche nucléaire vient de passer avec la « Vitro Engineering Division » de New-York, un contrat pour la construction à Milan d'un réacteur nucléaire du type CP5 et qui utilisera de l'eau lourde et de l'uranium enrichi.

La Société « Great Lakes Carbon » de New-York vient de créer en Angleterre une filiale qui, dans une usine située près Newcastle, fabriquera annuellement 1.500 tonnes de graphite destiné, par priorité, à l'énergie atomique.

● *Production de dérivés du niobium et du tentale en Argentine.* — Une Société de Buenos Aires, la « Tantal Argentina », a récemment entrepris la construction d'une usine destinée à produire des composés du tantale et du niobium pour l'exportation. A partir de minerais argentins on fabriquera mensuellement 200 kg. d'oxyde de tantale et autant d'oxyde de niobium.

● *La présence de soufre radioactif dans l'eau de pluie.* — Les rayons cosmiques primaires et secondaires peuvent, par interaction avec des noyaux d'azote et d'oxygène atmosphérique, donner lieu à la formation d'isotopes du carbone, de l'hydrogène ou du béryllium. Dans une note publiée récemment dans « Nature » de Londres, P. S. Goel de « l'Institut Tata de Recherche fondamentale » à Bombay, nous apprend qu'à cette liste on doit ajouter l'isotope 35 du soufre. Des recherches ont été effectuées sur de l'eau de pluie recueillie à Bombay. ^{35}S émet des particules (E_{max} = 167 K e V) avec une demi-période de 87 jours. Au cours de ces recherches il a été nécessaire d'éliminer les échantillons renfermant du soufre stable et, pour éviter cette source de contamination, on a dû se servir d'eau de pluie des régions intérieures de l'Inde (Bénarès, Kodaikanal). Pour extraire (sous forme de sulfate) le soufre de l'eau de pluie, on a utilisé une colonne d'échangeurs d'ions.

● *Expédition aux glaciers Salmon et Leduc.* — La revue anglaise « Nature » vient de donner un compte rendu d'une expédition aux glaciers Salmon et Leduc, organisée par le Professeur J. A. Jacobs, de l'Université de Toronto. Ces glaciers sont situés non loin des côtes de la Colombie britannique, au Canada, face à la pointe Sud de l'Alaska. Les objectifs de l'expédition étaient d'entraîner les onze hommes qui la constituaient et d'obtenir des renseignements sur les glaciers. Il a en particulier été observé que la glace de surface se déplaçait de 20 cm. par jour. Des

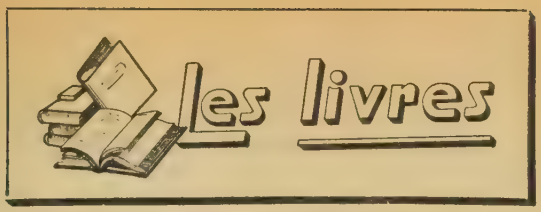
échantillons de glace ont été prélevés jusqu'à une profondeur de 2,50 m. et ont été analysés pour déterminer leur teneur en tritium. Un rapport sera prochainement publié qui donnera tous les résultats de l'expédition. Enfin une nouvelle expédition, actuellement en préparation, aura lieu pendant l'été 1957.

● *Le Soufre mexicain.* — La Société « Jaltipan Done » du groupe « Pan-american Sulphur » a annoncé qu'elle a produit le 10 décembre 1956 sa millionième tonne de soufre. En 1956, première année complète de fabrication, elle en a produit 600.000 tonnes. La production normale est actuellement de 2.000 tonnes par jour. A la fin de 1956 les stocks s'élevaient à 500.000 tonnes, l'objectif étant de 600.000 tonnes.

● *L'Uranium au Canada.* — A la suite de la découverte de gisements d'uranium au nord-est de la base de Goose Aire, le Labrador est susceptible de devenir une nouvelle et importante région productrice d'uranium. On espère pouvoir obtenir des concentrés à 5 % d'oxyde d'uranium et l'exploitation pourrait commencer en 1957.

● *Un nouveau Nématocide.* — La Société « Diamond Alkali » étudie actuellement un nouveau nématocide, le 3,4-dichlorotétrahydrothiophine 1,-dioxide, se présentant sous forme de cristaux blancs et inodores et qui est plus efficace que les produits utilisés jusqu'ici dans la lutte contre les nématodes, parasites s'attaquant aux racines de certains végétaux. On a fait des essais pour étudier la toxicité de ce nouveau nématocide vis-à-vis des végétaux : il semble préférable de traiter le sol trente jours environ avant de procéder aux semis. D'autre part ce produit est susceptible de produire, dans certains cas, des irritations du derme, mais il n'est pas plus dangereux à manipuler que d'autres produits analogues du commerce.

● *Le Graphite coréen.* — Un accord est récemment intervenu entre le Gouvernement coréen et l'Agence de reconstruction coréenne des Nations-Unies pour la construction d'une usine de production de graphite. Le programme 1954 prévoyait une allocation de 340.000 dollars à laquelle vient s'ajouter cette année une somme de 100.000 dollars destinée à l'expansion et à la modernisation des mines de graphite de Sihung dont les dépôts sont estimés à 20 millions de tonnes. Le but des Nations-Unies est d'augmenter la production et de concurrencer le graphite fabriqué dans d'autres parties du monde. La production doit atteindre 2.400 tonnes par an, d'une valeur de 720.000 dollars.



R. AUDUBERT et S. de MENDE. — **Les principes de l'électrophorèse.** . . 1 vol., 201 pages, (14 × 19), Presses Universitaires de France. Edit. 1957. Prix, broché : 1.500 fr.

L'objet essentiel de cet ouvrage est l'étude des facteurs physiques de l'électrophorèse, nécessaires à l'obtention de résultats ayant un sens physique. Les auteurs ont en effet constaté que trop souvent des conditions opératoires défectueuses entraînaient de la part des utilisateurs de ces techniques des conclusions erronées.

Marc LAFFITTE.

H. C. BRINKMAN. . . **Applications of spinor invariants in atomic physics** (Applications des invariants spinoriels en physique atomique). — Un vol. 73p., 1956, North-Holland, Publ. Cy. Amsterdam. Prix : 11 florins.

La théorie des spineurs a été introduite afin de représenter au moyen d'êtres géométriques simples et bien définis les fonctions d'ondes de la mécanique ondulatoire à spin. La formulation la plus répandue des spineurs a été développée par Wigner, H. Weyl et surtout van der Waerden à partir de la théorie des représentations irréductibles du groupe des rotations. Cependant H. A. Kramers avait proposé simultanément une formulation beaucoup plus simple, particulièrement adaptée au calcul des grandeurs atomiques. Cette méthode de Kramers a été surtout développée par l'école hollandaise et M. Brinkmann en a fait des applications remarquables notamment dans l'étude du rayonnement multipolaire.

Dans l'excellent petit ouvrage qu'il publie aujourd'hui, M. Brinkmann donne un exposé d'ensemble de la théorie des spineurs selon Kramers et de ses applications au calcul des éléments de matrices de la mécanique quantique pour les systèmes d'électrons à spin (théorie non relativiste). Il montre notamment comment cette méthode s'applique au cas de l'interaction électrostatique entre systèmes électroniques, à l'étude du couplage spin-orbite, au calcul de l'intensité des raies spectrales notamment dans le cas des rayonnements multipolaires.

G. PETIAU.

E. BRODA et Th. SCHONFELD. — **Les applications de la radioactivité.** — 114 pages, 25 figures.

Les applications de la radioactivité ont pris ces dernières années une très grande extension dans cet utile ouvrage. MM. Broda et Schönfeld passent en revue les principales d'entre elles.

M. PARODI.

V. CHARLES. — **Problèmes élémentaires de physique atomique et de chimie nucléaire** avec tableaux et solutions. — Préface de C. N. Martin. Un vol. in-8°, 145 p., Paris 1955, Gauthier-Villars, Edit. Prix : 900 fr.

Ces problèmes très élémentaires consistent principalement en des exercices de calcul numérique sur l'emploi des divers systèmes d'unités. Du point de vue physique ou chimie nucléaire, ils pourraient servir en complément à un enseignement de ces sciences qui serait donné par exemple dans la classe de mathématiques élémentaires. Toutefois même à ce niveau, l'exposition des phénomènes donnée par l'auteur devrait être soigneusement revue.

G. PETIAU.

Gérard COUCHET. — Mouvements plans d'un fluide en présence d'un profil mobile. — Mémorial des Sciences Mathématiques, Fasc. 135. — Un fasc. 80 p., Paris, 1956, Gauthier-Villars, Edit. Prix : 1.000 fr.

Ce fascicule rassemble les résultats les plus importants obtenus dans l'étude des mouvements plans d'un fluide troublé par le déplacement donné d'un profil.

Après avoir rappelé la mise en équation du problème et les méthodes de transformation conforme permettant de passer d'une circonférence à un profil donné, M. G. Couchet, étudie successivement le mouvement d'un profil à circulation nulle, les mouvements à circulation constante dans les cas où le profil n'a pas de pointe, présente une pointe ou est mobile dans un courant. Il développe ensuite le cas du profil en mouvement dans un fluide contenant des singularités tourbillonnaires. Un dernier chapitre donne une revue succincte des travaux expérimentaux et des théories approchées proposées par différents auteurs.

G. PETIAU.

R. DAUDEL. — Les fondements de la chimie théorique. - Mécanique ondulatoire appliquée à l'étude des atomes et des molécules. — Préface de M. Louis de Broglie. Traité de physique théorique de M. J. L. Destouches. T. VI. — Un vol. in-8° (16 × 25), X - 236 p., 1956, Paris, Gauthier-Villars, Edit. Prix : 3.500 fr.

Cet ouvrage, excellente introduction à l'application des méthodes de la mécanique quantique à la chimie, rassemble les éléments de mécanique ondulatoire nécessaires à tout physicien ou chimiste qui, tout en étant d'abord expérimentateur, désire être à même d'utiliser les représentations modernes dans l'interprétation de ses expériences.

Après trois notes sur la mécanique ondulatoire des systèmes, l'ouvrage de M. Daudel est divisé en deux parties.

La première partie expose très clairement les éléments de la mécanique quantique de l'atome : l'atome d'hydrogène et les ions atomiques isoélectroniques, l'atome d'hélium et ses ions isoélectroniques, les autres atomes et leurs ions, la notion de couche et la classification périodique.

La seconde partie expose les principales méthodes utilisées dans l'application de la mécanique ondulatoire à l'étude des molécules : méthodes de calcul des fonctions d'ondes électroniques moléculaires, méthodes de calcul des fonctions d'ondes nucléaires moléculaires, calcul des grandeurs caractérisant les molécules, nature et classification des liaisons chimiques discutées du point de vue de la localisabilité des électrons.

G. PETIAU.

HANDBUCH der PHYSIK. - ENCYCLOPEDIA of PHYSICS. - Herausgegeben von S. FLUGGE. - T. XV. - Kältephysik II. - Low temperature physics II. — VII. - 477 p., 318 fig., gr.-8°, 1956, Springer-Verlag, Edit. Prix : DM. 112.

Ce volume de la nouvelle série du Handbuch der Physik rassemble d'importantes mises au point sur l'état actuel des connaissances théoriques et expérimentales en physique des basses températures.

J. van den Handel expose les grandes lignes des phénomènes associés au magnétisme dans le domaine des basses températures : effets des champs électriques et magnétiques sur les niveaux d'énergie des ions magnétiques, méthodes de recherches anciennes (mesures des susceptibilités paramagnétiques, influence des champs électriques et magnétiques sur les spectres, effet Faraday), relation paramagnétique, résonance paramagnétique, antiferromagnétisme.

D de Klerk étudie la démagnétisation adiabatique : caractères généraux, méthodes expérimentales, études magnétiques aux diverses températures, études au-dessous de 1° K.

B Serin étudie la superconductivité du point de vue expérimental : propriétés électriques et magnétiques des supraconducteurs, propriétés

thermodynamiques des phases normales et superconductives, pénétration d'un champ magnétique dans un superconducteur, phénomènes associés à l'énergie superficielle entre les phases superconductive et normale, effets thermiques, alliages et composés superconducteurs, propriétés non modifiées lors du passage à l'état superconducteur.

J. Bardeen expose la théorie de la superconductivité : propriétés thermodynamiques et modèle des deux fluides, théorie de London et généralisations, effets de limite, interactions électrons-phonons.

B. Mendelssohn décrit les propriétés de l'hélium liquide : historique de la découverte de ces propriétés, étude du diagramme des états, entropie, la superfluidité, la viscosité, conductibilité calorifique, propagation des ondes, propriétés des films saturés et non saturés, interprétations théoriques.

Des bibliographies très complètes accompagnent chaque étude.

G. PETIAU.

HANDBUCH der PHYSIK. - ENCYCLOPEDIA of PHYSICS. - Herausgegeben von S. FLUGGE. - T. 35. - Atome I. - Atoms I. — Un vol. 61 fig., V-454 pages, Gr. 8°, 1957, Springer-Verlag, Edit. 1956. Prix : 99,50 DM.

Ce volume de la nouvelle série du Handbuch der Physik contient deux très importantes et très remarquables mises au point.

La première (p. 1-87, en langue anglaise) de E. R. Cohen et J. W. M. du Mond étudie les constantes fondamentales de la physique. On sait que MM. Cohen et du Mond ont mis au point dans de nombreux travaux originaux une méthode de calcul global utilisant la méthode d'ajustement des moindres carrés et permettant d'obtenir la meilleure valeur pour l'ensemble des constantes atomiques en partant des mesures expérimentales d'une série de grandeurs dépendant théoriquement d'une façon complexe des constantes fondamentales. MM. Cohen et du Mond rappellent l'évolution historique des mesures des constantes fondamentales et décrivent en détail les expériences modernes les plus remarquables. Après un exposé très complet sur les conditions d'emploi de la méthode des moindres carrés et le calcul des erreurs correspondant à cette méthode, celle-ci est appliquée à la détermination de la meilleure valeur pour l'ensemble des constantes fondamentales. Le dernier ajustement réalisé au moyen des mesures les plus récentes conduit aux « valeurs 1955 » de ces constantes, citons la vitesse de la lumière $C = 299793,0 \pm 0,3$ km/s, la charge électrique e et la masse propre m_e de l'électron $e = (4,80286 \pm 0,00009)\ 10^{-10}$ ues, $m_e = (9,1083 \pm 0,0003)\ 10^{-28}$ g, la constante de Planck $h = (6,6251 \pm 0,0003)\ 10^{-27}$ erg. s.

La seconde mise au point (p. 88-454, en langue anglaise) de MM. H. A. Bethe et E. E. Salpeter : mécanique quantique des systèmes à un et deux électrons, reprend en l'étendant considérablement l'article correspondant de H. A. Bethe dans l'ancienne série du Handbuch der Physik (T. 24-1, 1933).

Il expose d'une façon magistrale avec une bibliographie étendue l'ensemble des résultats indiscutables de cette partie de la mécanique quantique. Les questions exposées sont réparties en quatre parties : I. - L'atome d'hydrogène sans interaction avec des champs extérieurs : théorie non relativiste de Schrödinger, théorie de Dirac, corrections radiatives et corrections diverses ; II. - L'atome d'hélium sans interaction extérieure, théorie non relativiste et théorie relativiste ; III. - Les atomes dans les champs extérieurs : effet Zeeman, effet Stark dans l'hydrogène et dans l'hélium ; IV - Interactions avec le rayonnement : spectre discret, effet photoélectrique, rayonnement de freinage.

Deux index analytiques (allemand-anglais et anglais-allemand) complètent cet ouvrage.

G. PETIAU.

J. FRIEDEL. — Les dislocations. — Un vol. in-8°, (16 × 25), fig., Gauthier-Villars, Edit., Paris, 1956. Broché : 3.500 fr., Cartonné : 3.800 fr.

Depuis la dernière guerre, l'étude des dislocations a fait des progrès considérables. Une mise au point en français s'imposait : Monsieur Friedel nous propose ce livre issu d'un cours à l'Ecole des Mines.

Le bagage de tout ingénieur ou licencié ès sciences suffit pour aborder la lecture de ces 300 pages qui exposent les propriétés des dislocations et analysent leurs principales applications. On sait que leur présence altère un grand nombre de propriétés des cristaux : propriétés plastiques, vitesse de croissance, propriétés électriques des semi-conducteurs, formation de l'image photographique, etc.... Cette énumération incomplète permet de se faire une idée de la diversité des problèmes où les dislocations interviennent. Elle permet donc de prévoir une grosse diffusion de l'ouvrage de J. Friedel.

Marc LAFFITTE.

F. GONSETH. — La géométrie et le problème de l'espace. T. VI. - Le problème de l'espace. — 160 p., (16 × 25), Paris, Dunod, 1956. Prix : 950 fr.

Les précédents fascicules de cet important ouvrage, que nous avons mentionnés ici, ont suscité un vif intérêt. L'auteur termine son étude en initiant, par les modèles de Cayley-Klein, aux géométries non euclidiennes subordonnées à la géométrie projective. Il y amène de la manière la plus naturelle avec l'appui de l'axiomatique, stade ultime auquel il aboutit après une étude méthodologique amorcée au stade expérimental.

La voie suivie est la plus éducative.Elle est aussi la plus conforme au déroulement des processus qui, à partir de la géométrie élémentaire, ont assuré une intelligence lucide de ces questions. Son retentissement en des secteurs plus larges.

G. BOULIGAND.

Theo KAHAN. — Les cavités électromagnétiques et leurs applications en radiophysique. — Mémorial des Sciences physiques, fasc. 60, 116 pages, Gauthier-Villars, Paris, 1956.

Cet intéressant fascicule fait suite à celui que M. Kahan avait consacré, dans la même collection, à la physique des guides d'ondes ; on y trouve les même qualités.

Après avoir donné les équations de Maxwell et en avoir construit les solutions ondulatoires, l'auteur présente des généralités sur les cavités électromagnétiques. Fait suite la théorie analytique des cavités résonnantes. Les deux derniers chapitres sont consacrés à l'étude des applications : « application des cavités résonnantes en radioélectricité » et « les cavités résonnantes dans la recherche physique ».

M. PARODI.

J. LECORGUILLIER. — Les redresseurs de courant dans l'industrie. — Un volume de 276 pages, 196 figures, Eyrolles, Paris, 1956.

L'auteur présente dans cet ouvrage un tableau complet des divers types de redresseurs et précise leurs avantages et inconvénients respectifs. Les utilisateurs y trouveront un guide précieux pour choisir les montages les mieux adaptés aux applications les plus diverses.

M. PARODI.

Marianne LEVY. — Les protéines. — Collection « Que sais-je ? », Presses Universitaires de France, Paris, 1955.

L'ouvrage en question comporte deux parties : l'une consacrée à la structure et à la constitution des protéines, l'autre à leur rôle biologique.La première partie surtout est remarquable par les erreurs et, doit-on ajouter, par les absurdités qu'elle renferme : on y voit, par exemple, que l'acide hydroxyglutamique est un des principaux acides aminés constituant les protéines (p. 9), que la méthionine est un acide aminé renfermant du soufre

à l'état thiol (ou disulfure) (p. 9) : on y apprend que les kératines, très riches en soufre, contiennent de la cystine et des acides soufrés non aminés (p. 14) ; on y voit citer les cytochromes, pigment respiratoire, dans lequel l'élément métallique est le magnésium (p. 15), les hémérytrines, pigment cuprique bleu des mollusques et des crustacés (p. 15), les caroténoprotéines, dont le groupement prosthétique contient une flavine (p. 15) ; on voit citer encore (p. 18 et 19), sous le nom de vagopressine, un peptide qui est évidemment la vasopressine, etc... Il est inutile d'insister davantage.

La seconde partie, qui n'est pas non plus exempte d'erreurs, expose des conceptions parfois périmées, alors qu'elle néglige des données tout à fait fondamentales. C'est ainsi, à titre d'exemple, que le « problème des plasteines » est discuté en plus de deux pages, alors qu'aucune mention n'est faite des travaux de Schoenheimer et Rittenberg sur l'état dynamique des protéines dans l'organisme.

Enfin, on ne peut passer sous silence l'incorrection d'un certain nombre de formules chimiques. Sans parler des formules schématiques du tableau 1, p. 9, qui sont à proprement parler incompréhensibles pour toute personne non prévenue, les formules de la page 89 sont nettement fausses ; dans ce dernier cas, on peut espérer, au bénéfice de l'auteur, qu'il s'agit de fautes d'impression.

La lecture de ce petit ouvrage est déprimante ; elle est d'autant plus dangereuse qu'il s'agit d'un ouvrage de vulgarisation, c'est-à-dire destiné à des lecteurs n'ayant pas, pour la plupart, les bases suffisantes pour s'apercevoir de tout ce que ce livre contient d'erroné ?

Cl. FROMAGEOT.

Stanley LIVINGSTON. — High-Energy Accelerators (Accélérateurs pour les très grandes énergies). — Un vol. 157 p., Interscience Publish. Inc., New York, 1954.

Cette monographie décrit assez brièvement mais d'un façon très claire les principaux types d'accélérateurs de particules chargées en fonctionnement ou en construction au moyen desquelles la physique moderne étudie les phénomènes corpusculaires aux très grandes énergies.

Après une étude des principes utilisés pour obtenir des particules de très grandes énergies sur des trajectoires stables, M. Livingston décrit successivement le synchrotron à électrons, le synchrocyclotron, les accélérateurs linéaires, le synchrotron à protron, les cosmotrons en cours de réalisation basés sur le principe de la focalisation par gradients de champs alternés.

Une course internationale est actuellement engagée pour la construction de machines-usines gigantesques permettant d'atteindre des énergies de plus en plus hautes. Seules celles-ci permettent d'explorer le mécanisme régissant les transitions entre états de masse propre différents des particules. La connaissance de ce mécanisme permettrait d'engager la recherche vers la transformation totale de la matière en énergie, transformation qui donnerait accès à des sources d'énergie infiniment plus grandes que la fission ou la fusion nucléaire. L'enjeu est énorme et vaut bien que les états engagent des centaines de milliards vers ces études.

G. PETIAU.

Marcel LOCQUIN. — Petite flore des champignons de France, tome I : Agarics Bolets, Clavaires. — Un vol. 382 pages, 1.000 figures en 28 planches hors-texte, M. Locquin, Edit., 14, rue de Buffon - Paris, 1956.

L'ouvrage analysé ici est présenté comme le 1er tome d'une série de 4, consacrée à l'étude systématique des champignons de France. Bien que de nombreux livres de mycologie aient paru depuis quelques années, la « petite flore » de Locquin ne fait double emploi avec aucun d'eux. L'amateur de champignons dispose en effet de plusieurs ouvrages d'initiation (tels que les 2 petits volumes de Maublanc) grâce auxquels il lui est facile de connaître

un certain nombre d'espèces, parmi les plus courantes. Mais les grandes flores (comme la « flore analytique des champignons supérieurs » de Kuhner et Romagnesi) ne peuvent être utilisées avec fruit que par des mycologues dont les connaissances sont beaucoup plus étendues : c'est comme un trait d'union entre ces 2 types d'ouvrages que se présente la « petite flore » de Locquin et elle atteint parfaitement son but.

Une 1re partie, de 102 pages, contient un certain nombre de notions générales ou pratiques : intoxications et empoisonnements (schémas des espèces toxiques et des espèces comestibles avec lesquelles on ne doit pas les confondre. Principaux types d'intoxication et leur traitement) ; culture familiale du champignon de couche ; comment observer et décrire les différentes parties du champignon (vocabulaire mycologique détaillé, avec schémas. Les couleurs, avec tableau de concordance des termes en français, anglais, allemand et latin. Les odeurs. Les saveurs).

La seconde partie, en 220 pages, permet l'identification de 1.035 espèces de champignons de France appartenant aux agarics, aux bolets et aux clavaires, c'est-à-dire aux agaricales et à une partie seulement des aphyllophorales. La classification suivie est très voisine de celle de Kuhner et Romagnesi. Sont étudiées successivement : les clavariacées (15 pages), les polyporacées lamellacées (placées ici en raison des confusions possibles ; 2 pages), les cantharellacées (2 pages), les bolétacées (12 pages), les hygrophoracées (6 pages), les marasmiacées (19 pages), les tricholomacées (27 pages), les rhodophyllacées (9 pages), les naucoriacées (49 pages), les agaricacées (14 pages), les coprinacées (15 pages), les plutéacées (4 pages), les amanitracées (7 pages) et les russulacées (20 pages). Lorsque la classification adoptée par l'auteur s'éloigne notablement des classifications plus anciennes, des tableaux spéciaux permettent le raccordement (exemple : où chercher les espèces classées autrefois dans les genres tricholoma et armillaria, dans les genres collybia, clitocybe et omphalia, dans les genres pholiota, hypoloma, stropharia, etc.). Mais l'esprit pratique dans lequel cette flore a été rédigée ressort encore mieux de l'examen des tableaux de détermination des espèces ; plutôt que de suivre une classification dichotomique stricte, peu pratique à l'usage, l'auteur a préféré distinguer successivement, à l'intérieur d'un genre, de petits groupes présentant un caractère dominant (aspect du chapeau, du pied, odeur, saveur, etc.), une même espèce se retrouvant parfois citée dans plusieurs de ces groupes.

Enfin, un dernier chapitre, consacré à la mycogastronomie, indique 118 recettes culinaires et donne des conseils pour la consommation des 100 espèces considérées comme les meilleures par l'auteur.

Pour les genres de détermination facile, cet ouvrage diffère assez peu des autres ; ainsi, pour les amanites, Maublanc décrit 15 espèces, Locquin, 21, Kuhner et Romagnesi, 29 ; pour les bolets, Maublanc, 33, Locquin, 38, Kuhner et Romagnesi,58. Si, par contre, on considère les genres difficiles, le caractère intermédiaire de cette « petite flore » entre les ouvrages d'initiation et les grandes flores ressort bien des chiffres suivants : pour les cortinaires, Maublanc décrit 11 espèces, Locquin, 75, Kuhner et Romagnesi, 295 ; pour les inocybes, Maublanc, 4, Locquin, 45, Kuhner et Romagnesi, 87 ; pour les russules, Maublanc, 21, Locquin, 73, Kuhner et Romagnesi, 126. Le souci constant qu'a l'auteur de ménager des transitions entre sa flore et les ouvrages d'initiation le conduit à indiquer, après chaque espèce décrite, la référence éventuelle aux planches des atlas de Maublanc, de Jaccottet et de Haas ; ainsi l'usager pourra-t-il aisément distinguer les genres que, grâce à ces atlas, il connaît déjà assez bien et ceux dont, par contre, il ignore presque tout.

Il convient de féliciter M. Locquin pour cette « petite flore » dans laquelle il montre à la fois l'étendue de ses connaissances mycologiques et ses qualités de pédagogue. Il n'est pas douteux que ce livre, surtout lorsqu'il sera complété par l'illustration photographique annoncée, sera très apprécié par tous ceux qui s'intéressent aux macromycètes et qu'il deviendra vite

l'instrument classique grâce auquel on pourra, à partir de connaissances d'initiation, se perfectionner jusqu'à l'accès à l'étude systématique approfondie.

G. DEYSSON.

Renaud PAULIAN. — Atlas des larves d'insectes de France. Nouvel atlas d'entomologie, n° 10. — Un vol. 222 p., 80 fig., 20 pl., N. Boubée, Edit. Paris, 1956.

La plupart des entomologistes, amateurs ou professionnels, s'intéressent plus volontiers à l'étude des insectes adultes, qu'à celle de leurs larves. Ces dernières généralement moins spectaculaires que les imagos, sont plus difficiles à conserver en collections et souvent aussi beaucoup plus difficiles à déterminer avec précision. La dernière de ces difficultés tient pour une large part à la pénurie de bons ouvrages spécialement consacrés à l'identification des larves.

R. Paulian s'est attaché à remédier à cet état de choses pour la faune de France, et, dans le cadre, volontairement restreint aux espèces communes ou importantes, des « Atlas d'entomologie Boubée », il donne aujourd'hui un guide appelé à rendre de grands services aussi bien aux entomologistes avertis qu'aux débutants.

Des généralités morphologiques et biologiques claires, un lexique de la terminologie indispensable, enfin des conseils pratiques pour la récolte, l'élevage et la conservation des larves précèdent la partie essentielle de l'ouvrage, consacrée aux tableaux de détermination et à la figuration en noir et en couleurs des larves les plus communes ou les plus caractéristiques.

Suivant une conception largement répandue aujourd'hui, le terme de « larves » est restreint aux stades jeunes des insectes holométaboles et hémimétaboles. Ces derniers sont donc seuls considérés dans cet ouvrage, qui n'en concerne pas moins de nombreux ordres parmi les plus riches et les plus intéressants : Ephémèroptères, Odonates, Plécoptères, Hyménoptères, Névroptères, Trichoptères, Lépidoptères, Coléoptères, Diptères. Les indications bio logiques ne sont pas négligées, et à propos de chaque larve ou groupe de larves citées l'habitat et les mœurs sont succinctement mentionnés.

Richement illustré, comme les précédents volumes de cette collection, l'ouvrage de R. Paulian n'est pas seulement un guide et un utile ouvrage de détermination ; il contribue également à montrer le grand intérêt des études et observations sur les larves, jusqu'ici trop négligées.

J. CARAYON.

THERMIER (H.) et TERMIER (G.). — Traité de géologie. L'Evolution de la Lithosphère. Tome II : Orogénèse. — 2 volumes in-8°, pp. 1-498, fig. 1-87 et pp.499-940, fig. et pl. 88-152, Paris, 1956, Masson, Edit. Prix :

Dans le fascicule 5-6 (mai-juin 1956) de cette revue, nous avons rendu compte du tome 1^er^ de ce Traité de Géologie, consacré à la genèse et à l'évolution des roches qui constituent la partie supérieure de la Lithosphère.

Le second tome, que nous avons le plaisir de présenter aujourd'hui, est consacré à l'évolution orogénique des zones privilégiées, qui sont devenues ou deviendront des chaînes de montagne.

Les tectoniciens ont déjà pu décrire l'architecture actuelle des reliefs montagneux en analysant et en interprétant les coupes visibles. Cette description dans l'**espace** est maintenant complétée par les données de la géophysique qui permettent déjà des représentations vraisemblables des « couches » de la Lithosphère jusqu'à 40 kilomètres de profondeur.

D'autre part, la connaissance des âges absolus, en millions d'années, permet de situer dans le **temps** les diverses orogénies.

Après une introduction tectonique, les auteurs proposent une histoire des Océans : Pacifique et Arctique laissant encore voir leur fond de **Sima** originel et bordés de chaînes de montagnes, tandis que l'Atlantique et l'Océan Indien, d'origine différente, montrent les traces d'effondrements de zones continentales, **sialiques.**

C'est ensuite le panorama historique des orogénies successives qui ont contribué à la construction des continents : continents « laurasiens » (Amérique du Nord, Groenland, Eurasie) et « gondwaniens » (Afrique, Inde, Australasie, Antarctide, Amérique du Sud). On passe ensuite aux orogènes de la Téthys, paléozoïques et alpins (Europe, Afrique du Nord, Alpes, Turquie, Himalaya, Birmanie, Indonésie, Amérique centrale).

Enfin, dans la sixième et dernière partie, les auteurs regroupent les grands faits connus, afin d'exposer ce que l'on sait des mécanismes mis en jeu lors de la surrection des chaînes de montagnes. Ils rappellent que les théories en cours sont appuyées sur des suppositions ingénieuses, mais « gratuites » et ils préfèrent s'en référer aux grandes lignes de l'architecture de l'écorce terrestre entière, à la Mégatectonique, libérée des détails. A cette échelle, on a des vues d'ensemble sur la genèse et l'évolution des continents et des océans, sur les boucliers,, les zones de faiblesse, les migrations des géosynclinaux, la comparaison et la classification des orogènes, enfin sur les répercussions de la Mégatectonique sur la Paléogéographie et sur l'histoire de la Biosphère.

Cette documentation considérable est exposée d'une manière parfaitement originale, nouvelle, passionnante pour le géologue. Elle a nécessité une illustration adaptée au texte. Il en est résulté un ensemble de 152 figures et cartes (dont 86 hors-texte et dépliants) constituant un véritable Atlas de Géologie structurale, dont on peut retrouver les éléments grâce à un tableau d'assemblage concernant la totalité de la surface des continents et des océans. Bibliographies, tables et index complètent un texte fort riche d'une présentation parfaite.

R. FURON.

M. P. VERNOTTE. — Calcul numérique, calcul physique, application à la thermocinétique. — Préface de M. G. Ribaud, membre de l'Institut, fasc. 319 des publications scientifiques du Ministère de l'air, 344 pages, Paris, 1956.

Dans cet important ouvrage M. Vernotte s'est attaché à présenter les méthodes mathématiques et physiques qui permettent de résoudre les équations générales qui régissent la transmission de la chaleur au sein de la matière. Dans une première partie l'auteur rappelle les caractères fondamentaux de la thermocinétique, la seconde étant consacrée aux calculs et aux méthodes de dépouillement et d'interprétation des expériences.

Ainsi que l'exprime M. G. Ribaud dans la préface, tous les techniciens de la chaleur trouveront grand profit à lire et à méditer ce travail.

M. PARODI.

H. U. von VOGEL avec la participation de W. BUBAM et H. NAHME. — Chemiker-Kalender. — Un vol. VII - 560 pages, (12 × 18), Springer, Edit., Berlin, 1956, Prix : 19,60 DM

La nouvelle édition de cette table de constantes a été considérablement modifiée pour tenir compte des derniers résultats expérimentaux, ainsi que des désirs des utilisateurs. D'un format très maniable elle pourra rendre de grands services aux techniciens.

Marc LAFFITTE.

Marc ZAMANSKY. — La sommation des séries divergentes. Mémorial des Sciences mathématiques, fasc. 128. — Un fasc. 46 p., Paris, 1954, Gauthier-Villars, Edit.

Dans ce fascicule M. Zamansky développe une présentation synthétique des méthodes de sommation des séries divergentes en s'appuyant sur un théorème de Tœplitz donnant une condition nécessaire et suffisante pour qu'un procédé de sommation linéaire soit régulier. M. Zamansky montre notamment comment les procédés de sommation restreints usuels rentrent dans une classe plus générale dont il étudie les principaux caractères.

Des notes complémentaires indiquent des résultats nouveaux et suggèrent des champs d'application possibles pour la méthode introduite par l'auteur.

G. PETIAU.

Imprimerie Jacques et Demontrond, Besançon.
Dépôt légal 3e trim. 1957 : n° 5962. Le Gérant : R. CONSTANS.